FOR

GENERAL READERS AND YOUNG PEOPLE,

## Book V.

# HEAT.

TRANSLATED WITH PERMISSION INTO MARATHI

FROM

PROF. E. ATKINSON'S ENGLISH WORK

BY

BALAJI PRABHAKAR MODAK,
*Late Professor of Physical Sciences,*
*Rajaram College, Kolhapur.*



Vol. II.

WITH WOODCUT ILLUSTRATIONS.

OCTOBER 1900.

*Price Rupee one and Annas eight.*

BOMBAY:

PRINTED AT JAVAJI DADAJI'S "NIRNAYA-SAGAR" PR

यांचीं मूलतत्वं.

पूर्वार्ध, भाग २.

पुस्तक ५.

# उष्णता.



ESS.

याचें मराठी भाषांतर,

**बाळाजी प्रभाकर मोडक,**
पदार्थविज्ञानशास्त्राचे माजी प्रोफेसर, राजाराम कालेज,
कोल्हापूर,

यांनीं

इंग्रजी भाषांतरकार व प्रकाशक यांच्या परवानगीनें
तयार केलें.

लांकडी कोरींव छापानें आकृति छापिल्या आहेत.

अकटंबर १९००.

किंमत १ रुपया ८ आणे.

मुंबई येथें,
"निर्णयसागर" छापखान्यांत छापिलें.

प्रसिद्ध केला आहे. यांत त्यांतील पुस्तक पांच यांतील उष्णताशास्त्राचें भाषांतर आहे. विद्युत् व चुंबन याच्या प्रस्तावनेंत लिहिलेंच आहे कीं हें भाषांतर बडोदें येथील ज्ञानमंजुषामालेकरितां तयार केलें होतें व त्या मालेंत पहिला भाग छापून प्रसिद्ध झाला. पुढें ती माला बंद झाल्यामुळें बाकीचे तीन भाग मला प्रसिद्ध करावे लागले व ते माझ्या सोयीप्रमाणें केले. चारी भागांत आकृति कोरींव छापानें जेथल्या तेथें दिल्या आहेत व भाषाही साधी व सोपी योजिली आहे. यामुळें साधारण वाचकांस व हल्लींच्या ट्रेनिंग कालेजांतील विद्यार्थ्यांस पदार्थविज्ञानशास्त्राचीं मूलतत्वें शिकण्यास चारही भाग उपयोगीं पडतील.

हायस्कूलशिक्षण पुरें झाल्यावर सरकारी वगैरे नोकरींत शिरून कारकुनीचा वगैरे धंदा करण्याची ज्यांस इच्छा असेल त्यांची जी स्कूल फायनल परीक्षा युनिव्हर्सिटी घेते, त्या परीक्षेस सृष्टिशास्त्र व रसायनशास्त्र हे विषय नेमले असून ग्यानोकृत छोटें सृष्टिशास्त्र हेंच पुस्तक सृष्टिशास्त्र शिकण्यास नेमिलेलें आहे. त्याच पुस्तकाचें हें संपूर्ण भाषांतर प्रसिद्ध केलें आहे. त्या परीक्षेस जें रसायनशास्त्र लागतें तेवढें रसायनशास्त्र मीं जें बालबोध रसायनशास्त्र या नांवाचें छोटें पुस्तक प्रसिद्ध केलें आहे त्यांत आलें आहे. याकरितां हे दोन्ही विषय स्कूलफायनल परीक्षेइतके मराठीच्या द्वारें शिकविण्यास अडचण राहिली नाहीं. तसेंच म्याट्रिक्युलेशन म्हणजे युनिव्हर्सिटीची प्रवेशपरीक्षा तिला जे शास्त्रीय विषय लागतात तेही मराठीच्या द्वारें शिकविण्यास मराठींत पुस्तकें झालीं आहेत. तेव्हां हायस्कुलांत इंग्रजीच्या द्वारें जें शास्त्रीय शिक्षण देतात, तें मराठीच्या द्वारें देण्यास कांहीं हरकत दिसत नाहीं.

प्रौढ विद्यार्थ्यांकरितां जें यंत्रस्थितिशास्त्र सन १८८७ सालीं प्रसिद्ध केलें, त्याच्या प्रस्तावनेंत उच्च प्रतीच्या मराठी, गुजराथी वगैरे शाळांत

हायस्कुलाइतकें शिक्षण देऊन ट्रेनिंगकालेजास आर्टकालेजाचें रूप तेथें आर्टकालेजासारखें उच्च शिक्षण स्वभाषेच्या द्वारें कसें देत याविषयीं माझे विचार प्रसिद्ध केले आहेत. असें करणें ह्मणजे तोंडानें एकदम मोठा घांस घेणें होईल, असें कित्येकांस वाटलें. रितां कालेजासारखें उच्च शिक्षण नाहीं, तर निदान हल्लीं इंग्रजी लांत जें मध्यमप्रतीचें उंच शिक्षण मिळतें, तसल्या प्रतीचें शिक्षण षेच्या द्वारें फार जास्त खर्च न येतां कसें देतां येईल याविषयीं विचार बालबोध यंत्रस्थितिशास्त्र सन १८९७ सालीं प्रसिद्ध केलें, प्रस्तावनेंत दिले आहेत, व ते विचार विद्याखात्याच्या वरिष्ठ अधिका नजरेसही आणिले. त्याविषयीं येथें पुन्हा लिहिणें ह्मणजे द्विरुक्ति होय. तत्रापि मराठी इयत्तांचा विचार करण्यासाठीं शाळाख लोकांचा समाज पुण्यास व धारवाडास लवकरच जमणार आहे. म मराठी इयत्ता आणि ट्रेनिंगकालेजांतील शिक्षणक्रम कोणत्या दिशेनें असतां शिक्षणाच्या प्रसारास फार मदत होईल, याविषयीं माझे पुनः प्रसिद्ध करावे असें वाटल्यावरून प्रसिद्ध करीत आहें.

आज सतत एकतीस वर्षें मी शाळाखात्यांत काम करीत अस णक्रमाचा अनुभव घेत आहें. या काळांत मराठी व इंग्रजी इयत्त तीन वेळ फेरफार झाले. पूर्वीं चवथी इयत्ता पास झालेल्यांसच खात्यांत नोकरी मिळण्याचें सरटिफिकीट देत असत. पुढें स करून सहावी इयत्ता पास झालेल्यांस हें सरटिफिकीट देऊं लागले ज्या नवीन इयत्ता शाळापत्रकांत प्रसिद्ध झाल्या आहेत त्यांत स केल्या असून सातवी इयत्ता पास होणाऱ्यांस हें सरटिफिकीट ह्मणजे पूर्वीं जें शिक्षण ४।५ वर्षांत मिळत होतें तें मिळण्यास उ नऊ वर्षें लागणार, आणि अशा सरटिफिकीटवाल्यांस जेथें केवळ तच काम चालतें अशा तालुक्याच्या वगैरे कचेऱ्यांत मात्र का येणार. असे लोक पोष्टांत, आगगाडीवर, तारायंत्रावर किंवा सारख्या कारखान्यांत किंवा मुंबईसारख्या ठिकाणीं मोठ्या व्या कचेऱ्यांत काम करण्यास अगदीं नालायक असतात. ह्मणजे मरा

आठ दहा वर्षें रखडलें, तरी लायकी व ज्ञान साधारणच राहून पुढें उच्च शिक्षण मिळविणें झाल्यास इंग्रजीचा आरंभापासून अभ्यास सुरू केला पाहिजे. यःकश्चित् पोष्टांत किंवा आगगाडीवर चांगली नोकरी करितां येण्यास निदान आणखी चार दोन वर्षें तरी इंग्रजीचा अभ्यास करावा लागतो.

याचीं मुख्य कारणें पुढील दोन होतः—(१) मराठी इयत्तांत जे फेरफार होत गेले ते एकदेशीय होत गेले; आणि (२) मराठी पांच व सहा इयत्तांतील व पहिल्या तीन इंग्रजी इयत्तांतील इंग्रजीशिवाय झाडून सारे इतर विषय सारखे असतां व हे विषय मराठीच्या द्वारेंच शिकविण्याचे असतां, मराठी पांच व सहा आणि इंग्रजी १।२।३ इयत्ता शिकविण्याच्या निराळ्या शाळा ठेविल्या.

प्राथमिक शाळांच्या पहिल्या चार इयत्तांत लहान मुलांच्या कोंवळ्या बुद्धीवर बोजा पडूं नये ह्मणून या इयत्तांत विषय कमी करणें व पाठ करण्याचे विषय बहुतेक गाळणें, आणि पुढील इयत्तांत विषयांची दाटी करणें, ही चूक एकसारखी होत गेल्यानें प्राथमिक इयत्तांत मुलांस कांहीं फारसें शिक्षण मिळत नाहीं अशी स्थिति झाली आहे. हल्लीं शाळापत्रकांत ज्या इयत्ता प्रसिद्ध झाल्या आहेत त्यांवरून असें दिसतें कीं इनफंटवर्ग आणि इयत्ता १।२।३ अशीं चार वर्षें शाळेंत घालविल्यावर मुलांची उजळणी संपणार आणि मोडी मोठें अक्षर लिहावयास लागणार, आणि रुपयाचे आणे, पै, आणि मणाच्या पायली, पायलीचीं चिपटीं वगैरे आणि पैशास चार आंबे तर दहा पैशांचे किती असले हिशेब चवथ्या वर्षीं त्यांस येणार! अशा इयत्ता ठरविण्यांत माझ्या मतें अधिकाऱ्यांची चूक होत आहे. अगदीं इनफंट वर्गांतच वस्तूंचे आकार, रंग, गोष्टी, गाणीं, आकृति कापणें, ड्राइंग काढणें, मातीचीं चित्रें बनविणें, इत्यादि गोष्टी घातल्या आहेत. या रीतीनें मुलांस शिकविणें ह्मणजे बालोद्यानशिक्षणपद्धतीसारखें शिकविणें होय. हें फार चांगलें आहे. परंतु या पद्धतीनें शिकविणारे शिक्षक फार चांगले असणें जरूर आहे. ज्यांचें ज्ञान, विचार व माहिती फार असून ज्यांच्या अंगीं पोक्तपणा व अधिकार असेल तेच या पद्धतीनें शिकवूं शकतात. अनेक मुलांच्या मनांत या रीतीनें ज्ञान भरवून देणें हें काम हल्लीं

जे प्राथमिक शाळांवर ६।८।१० रुपये पगाराचे थोडेसें शिकलेले
असतात, त्यांच्या हातून होणेंजोगें नाहीं. शिवाय इनफंट वर्गां
वर्षांच्या मुलांनीं फारसें पाहिलेलें व ऐकिलें नसल्यामुळें त्यां
फारसा अधिकार आलेला नसतो. हे विषय मुळींच काढून
असें माझें मत नाहीं. परंतु पाठांतराचे वगैरे जे कृत्रिमरीत्या f
विषय ते अजीबात गाळून हेच विषय ठेवणें ही चूक आहे, अ
अनुभवावरून मला वाटत आहे. माझे पांच मुलगे सरकारीशाळांत
हल्लीं दोन लहान मुलगे खालील इयत्ता शिकत आहेत. त्यांस
तीच्या शिक्षणाचा कांहीं फायदा होत नाहीं व त्यापासून त्यांचे दि
जात आहेत असें वाटतें. मुलांच्या अंगीं जसजसा अनुभव ये
त्या मानानेंच या पद्धतीनें शिक्षण घेण्यास तीं अधिकारी होतात
आपासूनच जर लहान मुलांस बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार,
यांची उपपत्ती शिकवूं लागलों, तर जास्त वेळ लागतो व मुलांच
ग्रहण करण्याचा अधिकार आला नसल्यानें यांच्या ठोकळ रीती
त्यांस येत नाहींत व उपपत्तीही समजत नाहीं.

प्राथमिक शाळांत शिकण्याचे विषय दोन प्रकारचे असतात; (१
पाठांतरानें शिकण्याचे, आणि (२) कित्येक बुद्धीनें ग्रहण
लहान मुलांची बुद्धि विकास पावलेली नसते, परंतु त्यांच
तरशक्ति जास्त असते. या पाठांतरशक्तीचा उपयोग करून
पहिल्या दोन तीन वर्षांत लहान मुलांकडून जेवढें पाठांतरानें f
तेवढें सर्व शिकवून टाकावें; आणि त्याबरोबर हल्लीं इयत्तांत
आकार, रंग, गोष्टी, गाणीं, आकृति कापणें वगैरे विषय खालच
मास्तर शिकवितील तितके शिकवूं द्यावें. पाठांतराचे विषय ह
उजळणी, कोष्टकें, बालबोध व्याकरण, भूगोलाच्या मुख्य व्याख्या
स्थान व चार खंडें यांची मुख्य माहिती, आणि प्रांताच्या व हिंदु
इतिहासांतील ठळक गोष्टी होत. या एकवार बालपणीं मुलांच
संध्येप्रमाणें पक्या बसल्या असल्या, म्हणजे जन्मभर मुलें विसर
व या पायावर पुढील शिक्षणाची इमारत चांगली उभारतां येत
मुलांस सर्व उजळणी पहिल्या इयत्तेंत शिकवीत व पुढील तीन
बाळशास्त्री जांभेकरांचें बालव्याकरण व भूगोल मुलांस शिकवीत;

फार उपयोग होत असे. हीं दोन्हीं बुकें छापवून प्राथमिक शाळांत व्याकरण व भूगोल शिकविण्यास सुरू केलीं पाहिजेत; आणि लघुव्याकरण व हल्लींचे पटवर्धनी भूगोल पांचव्या इयत्तेपासून पुढें शिकविण्याच्या उपयोगीं आहेत. गडबोले यांचा महाराष्ट्रदेशाचा इतिहास ठीक आहे; परंतु हिंदुस्थानच्या इतिहासांतील प्रसिद्ध गोष्टींचें एक छोटेंसें पुस्तक याच नमुन्याचें करवून सुरू केलें पाहिजे. तसेंच लहानपणीं अक्षर वळविण्याकडे जास्त लक्ष पोंचलें पाहिजे. सारांश पहिल्या चार इयत्ता मुलें प्राथमिक शाळांत शिकलीं, ह्मणजे साधे हिशेब करतां यावे, पत्रें लिहितां यावीं, आणि व्याकरण, भूगोल व इतिहास यांची साधारण माहिती व्हावी; आणि चवथी इयत्ता झाल्यावरच पुढील मराठी इयत्ता किंवा इंग्रजी इयत्ता शिकण्यास मोकळीक असावी. यास्तव शाळापत्रकाच्या सपटंबरच्या अंकांत प्रसिद्ध केलेल्या इयत्तांत खालील फेरफार व्हावे असें माझें मत आहे.

**इन्फंटवर्ग**—(अ) अंक व ३० पाढे तोंडीं ह्मणणें व काढणें.

(ब) बालबोध व मोडी अक्षरें व बाराखड्या.

**इयत्ता १.-पहिला विषय**—अकरकीं, एकोत्रीं, पावकीं, निमकीं, सवायकीं, दीडकीं व अडीचकीं, तसेंच टांक, शेर, मण, पायली, व आणे. सारांश सर्व उजळणी व दाहा अंकांची बेरीज व वजाबाकी. परवचा (दररोज सकाळीं झालेली सर्व उजळणी काढून घेऊन एक नवा धडा, द्यावा. रोज दहा आंकड्यांचा एक धडा याप्रमाणें वरील उजळणीचे १२० किंवा १४० धडे होतील व तेवढे १ वर्षांत होऊं सकतील. रोज सायंकाळीं परवचा ह्मणवावा.

**इयत्ता २.-विषय पहिला.**—संख्या मांडणें, बेरीज, वजाबाकी, गुणाकार, भागाकार. उजळणीवरून होणारे हिशेब, सर्व देशी व इंग्रजी कोष्टकें तोंडपाठ करविणें.

**विषय दुसरा.**—वाचन व कविता यांशिवाय बालबोध व्याकरणांतून क्रियापदापर्यंत व्याख्या पाठ करविणें व समजून देणें. येथेंच मोठें मोडी अक्षर लिहिण्यास आरंभ करावा.

**विषय चवथा.**—जांभेकरांच्या भूगोलासारखा जिल्ह्याचा व प्रांताचा भूगोल, व भूगोलाच्या व्याख्या.

**इयत्ता ३.-विषय पहिला.**—भांजणी, विविध, व्यवहारी अपूर्णांक. त्रैराशिक, पंचराशिक व सरळव्याज यांचे साधे हिशेब. सोपे तोंडचे हिशेब.

**विषय दुसरा.**—वाचन व कविता वगैरे सर्व आहे तसें असून बालबोध व्याकरणांतील क्रियापदापासून अखेरपर्यंत व्याख्या पाठ करून घेणें.

**विषय चवथा**—जिल्ह्याचा किंवा प्रांताचा इतिहास. मुंबई इलाख्याचा व हिंदुस्थानचा जांभेकरी भूगोलासारखा छोटा भूगोल. व्याख्या सर्व.

**इयत्ता ४.-विषय पहिला.**—दशांशअपूर्णांक, कठीण त्रैराशिकें, कटमित्तीचें व्याज (यांत दर्शनी व मुदतीच्या हुंड्यांचें स्पष्टीकरण करावें), वर्ग व घन करणें, चक्रवाढव्याज. नफा तोटा याचे साधे हिशेब. सर्व तोंडचे हिशेब.

**विषय चौथा**—महाराष्ट्रदेशाचा इतिहास व हिंदुस्थानच्या इतिहासांतील मुख्य गोष्टींची माहिती. आशिया, युरोप व इंग्लंड यांचा जांभेकरांसारखा भूगोल.

या इयत्तेंत मध्यमप्रतीचें मोडी अक्षर वळवून घ्यावें व त्यावरून मुलांस पत्रें वगैरे थोडीं लिहितां यावीं.

यापुढील ज्या तीन इयत्ता ठरविल्या आहेत त्या ठीक आहेत. यांपैकीं दशांश, चक्रवाढव्याज, तोंडचे हिशेब, नफातोटा वगैरे गणितांतील विषय आणि भूगोलापैकीं आशिया, युरोप, हिंदुस्थान हे विषय येऊन गेले आहेत. करितां पांचवा विषय ह्मणून शास्त्रीय धडे व आरोग्यमार्ग घातलेले आहेत त्यांचा यांच्या जागीं समावेश करून पांचवा विषय इंग्रजी घालावा. पूर्वीच्या ५ व ६ या इयत्तांच्या जागीं ५।६।७ अशा तीन इयत्ता करून एक वर्ष वाढविलें आहे. परंतु त्या मानानें नवीन विषय कांहीं घातलेले नाहींत. करितां या तीन इयत्तांत पहिल्या तीन इयत्तांचें इंग्रजी शिकवावें असें माझें मत आहे. याचीं कांहीं कारणें थोडक्यांत सांगतों.

(१). वरच्या मराठी इयत्ता व इंग्रजी पहिल्या तीन इयत्ता यांतील इंग्रजीशिवाय बाकी सर्व विषय सारखे असून मराठीच्या द्वारेंच शिकवावयाचे असतात; ह्मणून ते मराठी मास्तरांच्या हातून चांगले शिकविले जाणार आहेत. हल्लीं जीं मुलें वरील मराठी इयत्ता शिकतात त्यांचे अंक-

गणित, मराठी व्याकरण, शब्दव्युत्पत्ति, मोडीलेखन व वाचन हे विषय चांगले होतात, परंतु जीं मुलें इंग्रजी शिकण्याकरितां हायस्कुलांत, किंवा निवळ आं. व्ह. स्कुलांत जातात त्यांचे हे विषय फार कच्चे राहतात. इंग्रजी शाळांत या तीन इयत्ता शिकणारे मास्तर बहुधा म्याट्रिक्युलेशन परीक्षा पास झालेले असतात. यांस मराठी व्याकरण, मोडीअक्षर, मोडी-वाचन असले विषय शिकविण्याचा कंटाळा असतो व त्यांस चांगले शिक-वितांही येत नाहीं. त्यांचा भर काय तो इंग्रजी शिकविण्यावर असतो, आणि अंकगणित, भूगोल वगैरे सुद्धां इंग्रजी शब्दांनींच शिकविण्याचा यत्न करतात आणि या इयत्तांत मराठी भाषेचा व अंकगणिताचा पूर्ण अभ्यास व्हावा तसा मुळींच होत नाहीं. मुलांचीं मराठी अक्षरें अखेरपर्यंत वाईट तीं वाईटच राहतात. मोडी वाचण्यास येत नाहीं. मराठी व्याकरण चांगलें होत नाहीं. सारांश इंग्रजीचे उच्चार बरे लागतात व इंग्रजीचा पाया बरा पडतो. परंतु बाकी सर्व विषय कच्चे राहून अंकगणित, भूगोल, हिंदु-स्थानचा इतिहास हे विषय सुद्धां अखेरपर्यंत शिकतच राहावें लागतें. मोठ-मोठ्या पगाराचे मास्तर ठेवून व एवढा खर्च करून व्हावा तसा फायदा होत नाहीं. याकरितां सर्व उच्च प्रतीच्या मराठी शाळांत इंग्रजी शिक-विण्याकरितां चांगला हुषार एक किंवा दोन शिक्षक नेमिल्यानें हें काम होणारें आहे व बाकीचे सर्व विषय इंग्रजी शिक्षकांपेक्षां मराठी शिक्षक चांगले शिकवितील. इंग्रजी तीन इयत्ता शिकविण्याच्या वेगळया शाळा लागणार नाहींत व हायस्कुलांतही वर्ग ठेवण्याची जरूर राहणार नाहीं. यामुळें पुष्कळ खर्च वांचेल आणि इंग्रजी तीन इयत्ता शिकविण्याची सोय जास्त ठिकाणीं होऊन, पुष्कळ किंबहुना वरच्या मराठी इयत्ता शिकणाऱ्या सर्व मुलांस थोड्या खर्चांत त्या इयत्ता शिकतां येतील.

( २ ). याशिवाय सर्वांस थोडें इंग्रजी शिकविल्यापासून दुसरा मोठा फायदा होणार आहे. इंग्रजी भाषा ही राजकर्त्यांची भाषा असून जिकडे तिकडे तिचा थोडाबहुत प्रवेश झाला असल्यानें तिचें ज्ञान थोडेंबहुत तरी असणें अत्यावश्यक झालें आहे. पोष्ट, तारायंत्र, आगगाडी, आगबोटी, कष्टम, गिरण्या, परदेशांशीं व्यापार इत्यादि ठिकाणीं काम करण्यास इंग्रजी-

शिवाय अगदीं चालत नाहीं. परंतु हल्लीं शुद्ध मराठी इयत्ता शिकून मुलकी परीक्षा देतात ते या अज्ञानामुळें, पुष्कळ ठिकाणीं काम करण्यास नालायक असतात. इतकेंच नाहीं तर त्यांना इंग्रजी शिकण्याची इच्छा झाल्यास इंग्रजी पहिल्या तीन इयत्तांच्या वर्गांत विनाकारण कांहीं वर्षें रखडत राहवें लागतें, व एकदां मराठी इयत्ता शिकण्यासाठीं उच्च प्रतीच्या मराठी शाळांत जे जातात, त्यांना हायस्कूलशिक्षण मिळविण्याचा मार्ग बराच खुंटल्यासारखा होतो. याकरितां वरील इयत्तांत इंग्रजी हा विषय घातल्यानें खर्च कमी लागेल, जास्त ठिकाणीं व जास्त मुलांस शिकण्याची सोय होईल, हायस्कूलचें शिक्षण इंग्रजीच्या द्वारें किंवा पुढें दर्शविल्याप्रमाणें मराठीच्या द्वारें मिळविण्यास सर्वांस मार्ग खुला राहील व थोडें इंग्रजी आल्यामुळें सर्वांची हव्या त्या खात्यांत काम करण्याची लायकी राहील. वास्तविक ह्मटलें ह्मणजे हल्लीं इंग्रजी पांचव्या इयत्तेची मुलकी परीक्षा बंद करून मराठी मुलकी परीक्षेसच पहिल्या तीन इयत्तांचें इंग्रजी हा विषय ठेवावा हें उत्तम होय.

याप्रमाणें पहिल्या चार इयत्ता प्राथमिक मराठी शाळांत आणि पुढील ५।६।७ या तीन इयत्ता इंग्रजीसह मध्यमप्रतीच्या शाळांत शिकवाव्या. हा फेरफार झाल्यानें मध्यमप्रतीच्या मराठी शाळांतील व मुलकीपरीक्षा दिलेल्या सर्व विद्यार्थ्यांस हल्लींच्या इंग्रजी हायस्कुलांत ऐपत, बुद्धि व हिंमत असेल त्याप्रमाणें जातां येईल आणि पहिल्या तीन इंग्रजी इयत्ता शिकण्यासाठीं परठिकाणीं जाण्याची कोणास जरूर राहणार नाहीं.

हल्लीं इंग्रजी हायस्कुलांत जाऊन मध्यमप्रतीचें उच्च शिक्षण मिळविण्याजोगें ज्यांस द्रव्यसामर्थ्य व बुद्धिसामर्थ्य नाहीं अशा हजारों लोकांस हें मध्यमप्रतीचें सुद्धां उच्च शिक्षण स्वभाषेच्या द्वारें मिळविण्याचा मार्ग नाहीं. अशा प्रतीचें थोडेंसें शिक्षण हल्लींच्या ट्रेनिंगकालेजांत देतात. परंतु तसलीं कालेजें सर्व इलाख्यांत काय तीं चारच आहेत व त्यांतही सर्वांस घेत नसून जन्मभर किंवा निदान कांहीं वर्षें तरी शाळामास्तराचें काम करूं असा करार लिहून देतात त्यांसच मात्र त्या कालेजांत घेतात. ज्यांचा दुसऱ्या रीतीनें उदरनिर्वाह होण्याची सोय नाहीं असेच लोक फक्त आपणांस बांधून घेऊन त्या कालेजांत जातात. ज्यांस असें बांधून घ्यावयाचें नाहीं,

पण इंग्रजी हायस्कुलांत शिकण्याची ऐपत व बुद्धि नाहीं, अशीं ब्राह्मण, मराठे, मुसलमान व दुसऱ्या मागसलेल्या लोकांचीं मुलें मराठी सहा इयत्ता झाल्यावर अज्ञानी राहतात आणि स्वभाषेच्या द्वारें थोड्या खर्चात मध्यम-प्रतीचें सुद्धां शिक्षण मिळविण्याचा मार्ग नसल्यामुळें विद्येचा प्रसार व्हावा तसा होत नाहीं. इतकेंच नव्हे तर ट्रेनिंगकालेजांत इच्छा असेल त्यांस घेत नसल्यामुळें मराठी शाळांवर मास्तर निवडण्याचें क्षेत्रही फार आकुंचित होतें. तेथें मुलींच इंग्रजी शिकवीत नसल्यामुळें तेथें केवळ खेड्यापाड्यांच्या शाळांवर पंतोजी नेमण्यापुरतें शिक्षण देतात असें समजून, तेथें बहुतेक हायस्कूल इतकें शिक्षण देत असून त्या कालेजांत जाण्याचीही पण कोणास हल्लीं इच्छा होते, असें वाटत नाहीं.

याकरितां हल्लीं जशीं इंग्रजी हायस्कुलें आहेत तशीं मराठी हायस्कुलें असणें फार आवश्यक आहे. या हायस्कुलांतील इयत्ता वगैरे थेट इंग्रजी हाय-स्कुलासारख्याच असाव्या. या हायस्कुलांत दुसरी भाषा इंग्रजी शिकवावी. इंग्रजी बुकें, व्याकरण वगैरे सर्व इंग्रजी भाषेचे विषय थेट इंग्रजी हायस्कुलां-तल्याप्रमाणें शिकवावे. परंतु बाकी गणित, भूमिती, इतिहास, भूगोल, पदार्थ-विज्ञान, रसायनशास्त्र, वगैरे झाडून सारे विषय स्वभाषेच्या द्वारें शिकवावे. सर्व विषय मराठीच्या द्वारें शिकावयाचे असल्यानें इंग्रजी हायस्कुलांतील चार वर्षांचे अभ्यास कदाचित् तीन वर्षांतच होतील व इंग्रजी भाषेकडे लक्ष देण्यास जास्त वेळ मिळेल. मराठी हायस्कुलांत इंग्रजी ही दुसरी भाषा शिकविली नाहीं, तर मराठीच्या द्वारें हायस्कूलइतकें शिक्षण मिळालेल्या विद्यार्थ्यांची लायकी व योग्यता कमी समजली जाईल व वास्तविकच कमी असेल. परंतु इंग्रजी हायस्कुलांत जितकें इंग्रजी भाषेचें ज्ञान होतें तितकें जवळ जवळ मराठी हायस्कुलांतील विद्यार्थ्यांस मिळाल्यानें त्यांची योग्यता इंग्रजी हायस्कुलांतल्या विद्यार्थ्यांपेक्षां फार कमी असणार नाहीं. मराठी हायस्कुलांत म्याट्रिक्युलेशन इतकें किंवा यु. एस्. एफ्. इतकें शि-क्षण मिळालेला विद्यार्थी तेंच शिक्षण इंग्रजी हायस्कुलांत मिळालेल्या विद्या-र्थ्यांपेक्षां विद्येनें कोणत्याही विषयांत कमी असणार नाहीं. मात्र त्यास अंकगणित, भूमिती, सृष्टिशास्त्र, रसायनशास्त्र, इतिहास व भूगोल यांतील

पारिभाषिक शब्द येत नसतील. हल्लीं येथें संस्कृत, किंवा विलायतेंत जर्मन किंवा फ्रेंच ही दुसरी भाषा शिकतात, त्यांस ज्याप्रमाणें त्या त्या भाषेंतील ग्रंथ व वर्तमानपत्रें वाचतां येतात त्याचप्रमाणें मराठी हायस्कुलांत इंग्रजी ही दुसरी भाषा जे शिकतील त्यांस त्या भाषेचा अभ्यास वाढवितां येईल व ग्रंथ व वर्तमानपत्रेंही वाचतां येतील. सर्वच इंग्रजीच्या द्वारें शिकावें लागणार नाहीं, ह्मणून कमी बुद्धीचे व मागसलेल्या मराठे मुसलमान वगैरे लोकांच्या मुलांस हायस्कूलशिक्षण मिळविण्यास मार्ग होईल व येणेंकरून हव्या त्या खात्यांत काम करण्याची योग्यता त्यांच्या अंगीं असेल. इतकेंच नाहीं तर मराठी हायस्कुलांत तयार झालेले कित्येक होतकरू विद्यार्थी इतर विषयांवरील इंग्रजी बुकें थोडींशीं वाचून वर्ष सहा महिन्यांत विश्वविद्यालयाची इंग्रजींत म्याट्रिक्युलेशनपरीक्षा देण्यास जातील व पुष्कळ गरीब पण हुषार मुलें कालेजांत जाण्यासही योग्य होतील. विश्वविद्यालयानें जर म्याट्रिक्युलेशन व यु. एस्. एफ्. परीक्षा स्वभाषेच्या द्वारें घेतल्या तर बरें. नाहीं तर इन्स्पेक्टरांनीं कमिट्या नेमून परीक्षा घ्याव्या आणि सरटिफिकीटें तूर्त द्यावीं व अशांची योग्यता मुलकी परीक्षा पास झालेल्या लोकांपेक्षां सरकारी नोकरी देतेवेळीं जास्त समजावी व सहजींच जास्त समजली जाईल.

अशीं हायस्कुलें चालविण्यास फार खर्चही लागणार नाहीं. एकदोन पदवीधर नेमून बाकी मराठी हायस्कुलांत तयार झालेले शिक्षक चालतील. यामुळें आरंभीं जिल्ह्याच्या ठिकाणीं व नंतर प्रत्येक तालुक्यास असें हायस्कूल स्थापन करितां येईल. परंतु ही गोष्ट एकदमच अमलांत आणतां येणार नाहीं व क्रमाक्रमानेंच झाली पाहिजे. ह्मणून माझी अशी सूचना आहे कीं प्रथमतः हल्लीं जीं या इलाख्यांत चार ट्रेनिंगकालेजें पुणें, अहमदाबाद, धारवाड, व हैदराबाद येथें आहेत त्यांवर योग्य मनुष्य व मोठ्या पगाराचे शिक्षक आहेत. याकरितां या चार कालेजांसच मराठी, गुजराथी, कानडी व सिंधी हायस्कुलें अशीं नांवें देऊन त्यांत मध्यमप्रतीच्या शाळेंत शिक्षण पुरे झालेल्या विद्यार्थ्यांस घेण्याचा क्रम सुरू करावा आणि तेथें इंग्रजी हायस्कुलाप्रमाणें शिक्षण देण्यास सुरवात करावी. मात्र इंग्रजी ही

दुसरी भाषा शिकवावी. लायकी असल्यास शाळेंत घेण्यास प्रतिबंध नसावा. नंतर ज्यांची इच्छा शाळामास्तरचें काम करण्याची असेल त्यांस शिक्षणपद्धति वेगळी शिकवून त्यांची परीक्षा घेऊन सरटिफिकीटें द्यावीं. या रीतीनें मास्तर निवडण्याचें क्षेत्र जें हल्लीं फार आकुंचित आहे तें विस्तृत होईल. इंग्रजी भाषा स्वभाषेबरोबर मध्यमप्रतीच्या शाळांत व मराठी हायस्कुलांत सरसकट शिकविल्यानें फार उपयोग होईल. आणि ऐपत व बुद्धि नसतांही, केवळ इंग्रजी शिकण्याकरितां ह्मणून इंग्रजी हायस्कुलांकडे सर्वच मुलें धांव घेतात ती घेणार नाहींत; व हल्लींपेक्षां शेंकडा वीस पंचवीस जास्त मुलांस हायस्कूलशिक्षण थोड्या खर्चांत मिळविण्याची सोय होऊन असलें शिक्षण मिळालेले जास्त लोक जिकडे तिकडे पसरले जाऊन विद्येचा फैलाव जास्त होईल. मराठी हायस्कुलें स्थापावीं आणि इंग्रजी हायस्कुलें बंद करावीं, असा मात्र माझ्या सूचनेचा कोणीं अर्थ समजूं नये. तीं आहेत तशींच असूं द्यावीं· मात्र त्यांतील पहिल्या तीन इंग्रजी इयत्तांचे वर्ग बंद करावे. ज्यांस ऐपत व बुद्धि असेल ते त्या शाळांत जातील; व पुढें आर्टकालेजांत जातील. मात्र हल्लीं दुसरा मार्गच नसल्यामुळें सर्वच मुलें इंग्रजी हायस्कुलांत जाण्यास यत्न करितात, तसें न होतां बरींच मुलें मराठी हायस्कुलांत जातील व इंग्रजी हायस्कुलांची संख्या कालानें कमी करितां येईल. याप्रमाणें स्वभाषेच्या द्वारें हायस्कुलचें शिक्षण देण्याची सोय झाल्यावर कालेजचें शिक्षणही स्वभाषांच्या द्वारें देण्यास सुलभता येईल. या गोष्टीचा पुढील महिन्यांत भरणाऱ्या शिक्षणसमाजांत अधिकारी व इतर विद्वान् विचार करतील अशी आशा आहे. शास्त्रीय पुस्तकाच्या प्रस्तावनेची शाळांतील शिक्षणक्रमाच्या सुधारणेचा विचार करण्याकडे इतकी जागा अडविली, याबद्दल वाचकांची माफी मागून या विषयाची रजा घेतों. या भागांतील कोरींव आकृति करून घेण्यासही श्रीमंत बाळासाहेब मिरजकर यांनीं मदत केली, याबद्दल त्यांचे फार फार आभार मानून प्रस्तावना पुरी करितों.

कोल्हापूर,<br>
ता. २० सपटंबर १९००.

वा. प्र. मोडक.

# अनुक्रमणिका.

## पुस्तक ५.

### उष्णता.

ग्यानोकृत

# सृष्टिशास्त्र किंवा पदार्थविज्ञानशास्त्र यांचीं मूलतत्वें.

## पूर्वार्ध, भाग २.

## पुस्तक ५.

# उष्णताशास्त्र.

## प्रकरण १.

### उष्णतेचे साधारण परिणाम, उष्णमापकें.

**१. उष्णता, तिच्या स्वरूपाविषयीं कल्पना.**—उष्णता व थंडी यांचें ज्ञान कशा प्रकारचें होतें, हें सर्वांस माहीत आहे. जें हें विशेष प्रकारचें इंद्रियांस ज्ञान होतें, त्यासच मात्र साधारणभाषेंत उष्णता ह्मणतात, असें नसून, द्रव्याच्या ज्या विशेष अवस्थेपासून हें ज्ञान होतें, त्या अवस्थेचें वर्णन करण्यासही याच शब्दाचा उपयोग करितात. उष्णतेपासून हें ज्ञान होऊन शिवाय तिचें पदार्थांवर अनेक रीतींनीं कार्य घडतें. उष्णतेनें बर्फ वितळतें,

वर्णन करणें येथें बरें आहे: (१) **द्रव्यरूपकल्पना** आणि (२) **ल-हरीरूपकल्पना.**

पहिल्या कल्पनेप्रमाणें पदार्थांच्या अणूंभोंवतीं एक चपल व गुरुत्वशून्य असें प्रवाही द्रव्य असून तें एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत जाऊं शकतें व त्यामुळें आपणास उष्णतेचें ज्ञान होतें. अणूंभोंवतीं जें हें उष्णतारूप प्रवाहीचें वेष्टण असतें, त्याचें परस्पर प्रतिसारक कार्य घडतें, आणि त्यामुळें स्नेहाकर्षक शक्तीच्या विरुद्ध उष्णतेचें कार्य होतें. पदार्थामध्यें या प्रवाहीचा प्रवेश झाला, ह्मणजे उष्णतेचा भास होतो, आणि पदार्थांतून हा निघून गेला ह्मणजे थंडीचा भास होतो.

दुसऱ्या कल्पनेप्रमाणें पदार्थाची उष्णता त्याच्या द्रव्यमय कणांच्या आंदोलक गतीमुळें उत्पन्न झालेली असते; आणि ज्या पदार्थांचे कण अत्यंत वेगानें व पुष्कळ अवकाशांतून आंदोलन पावतात, तेच पदार्थ अत्यंत उष्ण असतात; ह्मणून या कल्पनेप्रमाणें उष्णता हें द्रव्य नसून द्रव्याची एक अवस्था आहे, व ही अवस्था एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत नेतां येते. या कल्पनेस दृढी-करण आणण्याकरितां असें गृहीत घेण्यांत आलें आहे कीं, घन व द्रव, पारदर्शक व अपारदर्शक आणि अत्यंत विरलवायु, आणि आकाशांतील सर्व रिक्त स्थलें, यांस व्यापणारा असा एक अत्यंत चपल, गुरुत्वशून्य आणि स्थितिस्थापक **इंधक** किंवा **आकाश (ईथर)** या नांवाचा पदार्थ आहे; व त्याच्या अंगीं आंदोलक गतीस खूप वेगानें पुढें नेण्याची शक्ति आहे. ज्याप्रमाणें हवेची आंदोलक गति कर्णास पोंचली, ह्मणजे ध्वनि उत्पन्न होतो, त्याचप्रमाणें या इंधकाची शीघ्र आंदोलक गति पदार्थास पोंचली, ह्मणजे उष्णता उत्पन्न होतें, आणि या इंधका-च्या द्वारेंच उष्णता एका पदार्थांतून दुसऱ्या पदार्थांत जाते.

फार प्रसिद्ध अशा बहुतेक सृष्टिशास्त्रवेत्त्यांनीं या कल्पनेचेंच ग्रहण केलें आहे. दुसऱ्या कोणत्याही कल्पनेपेक्षां उष्णतेच्या कार्यांचें व परिणामांचें या कल्पनेनें जास्त चांगलें स्पष्टीकरण करितां येतें; आणि उष्णता व प्रकाश यां-

उष्णतेविषयींची लहरीरूप कल्पना ही जरी सयुक्तिक व बरोबर आहे, आणि उष्णतेविषयींच्या पुष्कळ गोष्टींचें हिच्या योगानें उत्तम रीतीनें स्पष्टीकरण करितां येतें, तथापि जुन्या कल्पनेच्या आधारें दिलेल्या कित्येक पारिभाषिक शब्दांचा उपयोग करणें कधीं कधीं सोयीचें होईल, व त्याप्रमाणें करण्यांत येईल. उदाहरणार्थ पदार्थ उष्ण होतांना किंवा थंड होतांना पदार्थास उष्णता मिळाली, किंवा त्यांतून गेली असें ह्मणूं. नव्या कल्पनेप्रमाणें वास्तविक पाहतां पदार्थांच्या कणांची आंदोलक गति वाढते, तेव्हां पदार्थ उष्ण होतो; आणि कमी होते, तेव्हां पदार्थ थंड होतो.

तथापि पुढें जें उष्णतेविषयीं विवेचन केलें आहे, त्यामध्यें दोन्ही कल्पनांचा विशेष संबंध न आणितां साधेल तितका स्वतंत्रपणेंच उष्णतेविषयीं विचार केला आहे.

**२. उष्णतेचे साधारण परिणाम.**—पदार्थांच्या अणूंच्या आंदोलक गतीचा वेग वाढविणें हाच उष्णतेचा साधारण परिणाम पदार्थांवर घडतो; आणि यामुळें अणूंमधील परस्पर आकर्षण कमी होतें. ह्मणूनच उष्णतेच्या कार्यानें पदार्थांचा प्रसरण पावण्याचा ह्मणजे मोठा आकार धारण करण्याचा कल असतो.

उष्णतेच्या कार्यानें सर्व पदार्थ प्रसरण पावतात. साधारण नियम ह्मटला ह्मणजे वायु सर्वांत अत्यंत प्रसरण पावतात. द्रवरूपी पदार्थ वायूंपेक्षां कमी प्रसरण पावतात, आणि घनपदार्थ सर्वांत कमी प्रसरण पावतात. पदार्थांचे जे मागें सामान्य धर्म सांगितले त्यांशिवाय उष्णतेनें प्रसरण पावण्याचा नवीन सामान्य धर्म त्यांच्या अंगीं असतो.

उष्णतेच्या कार्यानें पदार्थ प्रसरण पावतात, इतकेंच नाहीं, त्यांचें उष्णमान कांहीं विवक्षित मर्यादेपर्यंत पोंचलें ह्मणजे प्रथमत: त्यांचें घनरूप जाऊन ते कांहींसे नरम होतात. नंतर जशी उष्णता वाढते, त्याप्रमाणें कणांमधील प्रतिसारक शक्ति वाढत जाऊन प्रतिसारण व आकर्षण समतोल होतात, आणि पदार्थ द्रवरूपांत जातो. मेण, राळ, गंधक, हे पदार्थ घनरूपांतून याप्रमाणें त्वरित द्रवरूपांत जातात. ह्मणून उष्णतेनें घनपदार्थांचें रूपांतर होतें. द्रवांमध्यें याच प्रकारचा

पदार्थांत बाहेरची उष्णता येऊन तिचा संचय न होतां, त्यांतील मूळच्या उष्णतेपैकीं कांहीं उष्णता बाहेर गेली, ह्मणजे पदार्थ उष्ण न होतां शीत होऊं लागतो, आणि वरच्या उलट परिणाम घडतात. अणु परस्परांजवळ येतात. त्यांमधील छिद्रांचा किंवा अवकाशांचा आकार कमीं होतो, व त्याबरोबर पदा-र्थांचा आकारही कमी होतो. ह्मणजे पदार्थांतून उष्णता गेल्यानें ते **आकुंचन** पावतात. वाफेस शीत केलें ह्मणजे तिची स्थितिस्थापक शक्ति जाते आणि वाफ परत द्रवरूपांत येते; आणि आणखी शीत केल्यानें द्रवरूपी पदार्थ घनरूपांत जातात. पाण्याचें बर्फ होतें; आणि प्रवाही पारा शिशासारखा घट्ट व कठीण होतो.

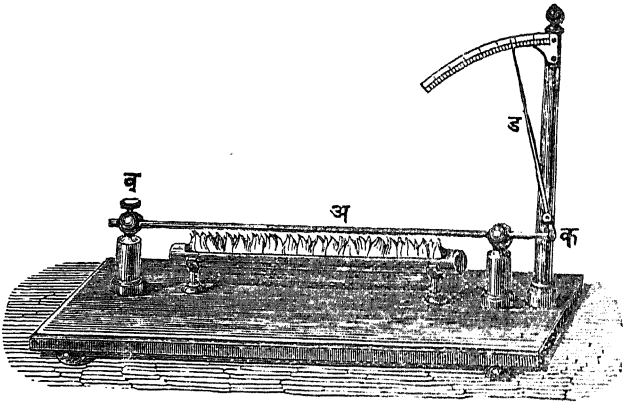
यास्तव पदार्थांत उष्णता येईल किंवा त्यांतून जाईल त्याप्रमाणें त्यांवर दोन भौतिक परिणाम घडतातः ( १ ) प्रसरण किंवा आकुंचन होऊन आकारमानांत फेरफार होतो; आणि ( २ ) स्थित्यंतर किंवा रूपांतर होतें; ह्मणजे घनपदार्थांचें द्रवपदार्थांत आणि द्रवांचें वाफेंत आणि याच्या उलट रूपांतर होतें. प्रथमतः पदार्थांच्या प्रसरणाचा विचार करूं; आणि नंतर रूपांतराचा विचार करूं.

**३. प्रसरण.**—सर्व पदार्थ उष्णतेनें प्रसरण पावतात; परंतु सर्व सारखे प्रसरण न पावतां भिन्नभिन्न मानानें प्रसरण पावतात. वायु अत्यंत प्रसरण पावतात. त्यांच्या खालोखाल द्रव, आणि घनपदार्थ सर्वांत कमी प्रसरण पाव-तात. घनपदार्थास नियमित आकार असतो. ह्मणजे त्यांस लांबी, रुंदी व उंची अशीं तीन अंगें असतात. ह्मणून ते फक्त एका अंगानेंच प्रसरण पावले, ह्मणजे त्यांची फक्त लांबीच उष्णतेनें किती वाढली एवढाच आपणास विचार करितां येईल. या प्रसरणास **लांबीचें प्रसरण** हें नांव देऊं. दोन अंगांनी प्रसरण पावले, तर लांबी व रुंदी ह्मणजे **क्षेत्र** किती वाढलें एवढाच विचार करितां येईल. या प्रसरणास **क्षेत्रप्रसरण** असें नांव देऊं. किंवा तिन्ही अंगांनीं पदार्थांचें प्रसरण किती झालें, ह्मणजे त्याचें एकंदर आकारमान किती वाढलें याचा विचार करितां येईल. या प्रसरणास **घनप्रसरण** असें नांव देऊं. परंतु हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, या तिन्ही अंगांपैकीं कोणत्या तरी

र्यांस नियमित आकार नसतो. ह्मणून त्यांच्या आकारमानांतील फेरफारांचा ह्मणजे त्यांच्या घनप्रसरणाचा मात्र आपणास विचार करितां येईल.

घनपदार्थ लांबीनें प्रसरण पावतात, हें ( आ० १ ) मध्यें दाखविलेल्या यंत्रानें

आ० १.

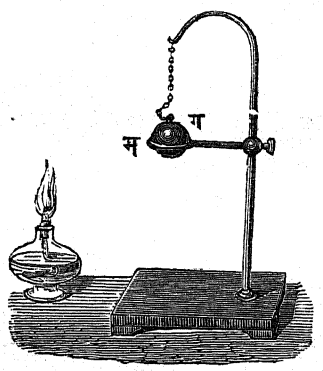



दाखवितां येतें. **अ** ही धातूची कांब असून तिला एका बाजूस **ब** या स्क्रूनें गच्च करितां येते. कांबीचें दुसरें टोंक **कड** उच्चालकाच्या **क** या आंखूड भुजेवर दाबतें. **कड** उच्चालकाची दुसरी भुजा **ड** दर्शकाचें काम करिते. या दर्शकाचें टोंक माथ्यावरील मानपट्टीवरून सरकतें. **क** भुजेस कांबीच्या टोंकानें बाहेर दाबिलें, ह्मणजे **ड** भुजेचें टोंक मानपट्टीवरून आंतल्या बाजूस सरकतें. **अ** कांबीखालीं एक लांबट पन्हळ आहे, त्यांत मद्यार्क घालून त्यास पेटविलें, ह्मणजे त्या दिव्याच्या उष्णतेनें कांब प्रसरण पावते. **अ** कांबीस डावीकडे **ब** टोंकाकडे प्रसरण पावण्यास वाव नाहीं; ह्मणून उजवीकडेसच प्रसरण पावून **क** भुजेवर ती दाबते. कांबीची जशी लांबी वाढते, त्याप्रमाणें

... केले तर ड दर्शक निरनिराळ्या मानानें मानपट्टीवरून सरकतो, व त्यावरून भिन्नभिन्न धातु भिन्नभिन्न मानानें प्रसरण पावतात हें सिद्ध होतें. उदाहरणार्थ लोखंडापेक्षां किंवा पोलादापेक्षां पितळ जास्त प्रसरण पावते.

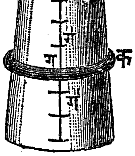
**ग्रेव्हसांडीच्या** कंकणानें घनपदार्थाचें घनप्रसरण ह्मणजे तिन्ही अंगांचें प्रसरण दाखवितां येतें. **ग** हा पितळेचा गोल साधारण उष्णमानावर बहुतेक तेवढ्याच व्यासाच्या **म** या कंकणांतून खालवर सरकतो (आ० २ पहा). परंतु गोलास उष्ण केलें ह्मणजे तो प्रसरण पावतो आणि कंकणांतून उतरत नाहीं. परंतु त्यास शीत करून पूर्वींच्या उष्णमानावर आणिलें ह्मणजे तो पुनः कंकणांतून उतरतो.

आ० २.




द्रव आणि वायु घनपदार्थांहून जास्त प्रसरण पावतात. त्यांचें प्रसरणही सहज दाखवितां येतें. द्रवाचें प्रसरण दाखविण्यासाठीं फुगा असलेली एक कांचेची नळी घ्यावी (आ० ४ पहा). या नळींत रंगविलेला आल्कोहोल किंवा पारा भरावा; फुगा भरून द्रव नळींत कांहीं उंचीपर्यंत आलेला असावा. जेथपर्यंत द्रव नळींत चढलेला असेल, तेथें चिंधी किंवा दोरा बांधून खुणा करावी. फुग्यास गरम पाण्यांत बुडवून त्यांतील द्रवास उष्ण केलें, ह्मणजे नळींत खुणेच्या वर द्रव बराच चढतो. उदाहरणार्थ **अ** पासून **ब** पर्यंत चढतो.

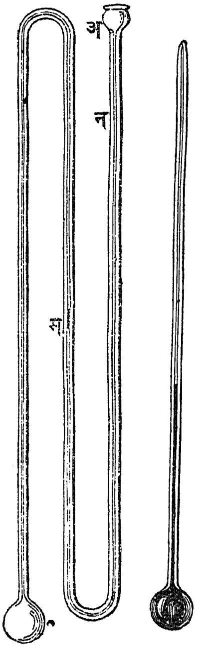
**अ** हें एक शंकाकार तांब्याचें पंचपात्र आहे, व त्यावर बसणारें **क** हें वळें आहे (आ० ३). या दोहोंच्या योगानें घनप्रसरण दाखविण्याचा प्रयोग थोड्या




उष्ण न करितां फक्त कंकणास मात्र उष्ण केलें, तर तें प्रसरण पावल्यामुळें गच्या खालीं गं ठिकाणीं बसतें. परंतु पंचपात्र व कंकण या दोहोंस एकदांच शीत केलें, तर दोन्ही सारख्या मानानें प्रसरण पावल्यामुळें कंकण मूळच्या ठिकाणींच राहतें.

वायूंचें प्रसरण दाखविण्यासाठीं अशाच तऱ्हेचा प्रयोग करितां येतो. तथापि

आ० ५. आ० ४.




द्रवांपेक्षां वायूंचें प्रसरण फार होत असल्यानें फुगा असलेली फार लांब नळी घ्यावी लागते; (आ० ५) मध्यें दाखविल्यासारखी वांकविलेली लांब नळी या प्रयोगासाठीं घेतात. वायूंचें प्रसरण समजण्याकरितां नळींत म हा पाण्याचा दर्शक खालीं सांगितल्याप्रमाणें घातलेला असतो. फुग्यास थोडें उष्ण करून नळींतील कांहीं हवेस बाहेर घालवितात; आणि नळीच्या उघड्या तोंडावरील अ गळतींत पाण्याचा थेंब पाडवितात, ह्मणजे नळी थंड झाल्यावर फुगा व नळी यांतील हवा आकुंचन पावल्यामुळें वातावरणाच्या दाबानें तो पाण्याचा थेंब नळींत उतरून म ठिकाणीं जातो. याप्रमाणें तयार केलेली नळी घेऊन फुग्यास कांहीं वेळ हातांत धरिलें ह्मणजे तत्काळ फुग्यांतील हवा प्रसरण पावते; आणि म पाण्याच्या दर्शकास न पर्यंत लोटते. यावरून द्रवापेक्षां हवा जास्त प्रसरण पावते, हें उघड आहे.

यावरून असें दिसून येईल कीं, पदार्थांवर उष्णतेचा जो साधारण परिणाम घडतो, त्यानें पदार्थ प्रसरण पावतात. तथापि धातु, कांच, इत्यादि जे पदार्थ

छिद्रांतील आर्द्रता निघून जाते, व ते आकुंचित होतात. ह्मणून ओलें केलेलें कागदाचें पान विस्तवाजवळ धरिलें तर ज्या बाजूस तें उष्ण होतें, त्या बाजूस आंखडून त्याची सुरळी होते. पिपें करणारे लोक लांकडाच्या पट्ट्यांस बांक देण्याकरितां पिपाच्या आंतल्या बाजूस विस्तव पेटवून पट्ट्यांच्या आंतील बाजूस उष्ण करितात. येणेंकरून त्यांतील आर्द्रता निघून जाते, व यामुळें आंतल्या बाजूनें त्या आंखडून वक्र होतात, व पिपांस चांगला गोल आकार येतो.

## उष्णमान मापणें.

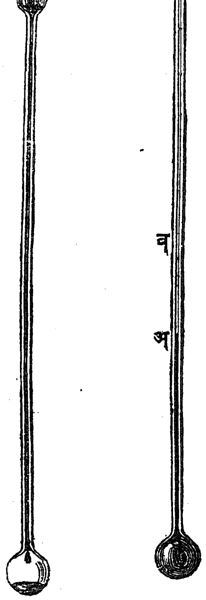
## उष्णमापक करणें.

**४. उष्णमान.**—आपल्यांतील इंद्रियगोचर उष्णता दुसऱ्या पदार्थास देण्याचा कल ज्या मानानें पदार्थांच्या अंगीं असतो, त्या मानास त्याचें **उष्णमान** किंवा **गरमपणा** असें ह्मणतात. कोणत्याही पदार्थांत कांहीं इंद्रियगोचर उष्णता मिळविल्यानें किंवा त्यांतून कांहीं काढून घेतल्यानें त्याचें उष्णमान बदलतें. पदार्थाचें **उष्णमान** व त्यांतील **एकंदर उष्णतेचें परिमाण** हीं दोन्ही भिन्न असतात. पदार्थांतील एकंदर उष्णता व त्याचें उष्णमान यां-मधील भेद नेहमीं लक्षांत ठेवावा. पदार्थाचें उष्णमान फार उच्च असेल, तथापि त्यांतील उष्णतेचें परिमाण फार थोडें असेल, आणि उष्णमान नीच असतां पदार्थांत पुष्कळ परिमाणाची उष्णता असूं शकेल. स्नान करण्याजोग्या गरम पाण्यानें भरलेल्या हांड्यांतील पंचपात्रीभर पाणी वेगळें काढिलें, तर पंचपात्रीं-तील पाणी व हांड्यांतील पाणी या दोहोंचें उष्णमान सारखेंच असतें. तथापि दोहोंमधील उष्णतेचीं परिमाणें फार भिन्न असतात. उष्णतेचें परिमाण कसें मापावें, याविषयीं विशिष्ट उष्णतेवरील प्रकरणांत पुढें पूर्णपणें विचार करण्यांत

पकें ह्मणतात. उष्णतेपासून व थंडीपासून जें आपल्या इंद्रियांस ज्ञान होतें, त्यावरून उष्णमानें बरोबर मापण्यास आपलीं इंद्रियें असमर्थ असतात. याकरितां पदार्थांवर उष्णतेचे जे भौतिक परिणाम घडतात, त्यांचाच उपयोग उष्णमानें मापण्यास करावा लागतो. उष्णतेनें पदार्थांचें जें प्रसरण होतें, तेंच त्यांचें उष्णमान मापण्यास फार सोयीचें व चांगलें आहे. घनपदार्थ फार थोडें प्रसरण पावत असल्यामुळें फार मोठीं उष्णमानें मापण्यास मात्र त्यांचा उपयोग करितां येतो. वायु फार प्रसरण पावत असल्यामुळें उष्णमानांतील फार सूक्ष्म फेरफार मापण्यास मात्र त्यांचा उपयोग करितां येतो. वातावरणाच्या दाबांत फेरफार होतील त्याप्रमाणें वायूंच्या आकारमानांत फेरफार होतात. ह्मणून वायूंचा उपयोग करण्यास ही एक आणखी अडचण असते. या कारणांकरितां उष्णमापकें करण्यास द्रवरूपी पदार्थच फार योग्य आहेत. पारा आणि आल्कोहोल या दोन द्रवांचाच मुख्यत्वेंकरून उष्णमापकें करण्यास उपयोग करितात. कारण पाऱ्याचें प्रसरण नियमित घडतें, व तो फार उच्च उष्णमानावर कढूं लागतो; आणि आल्कोहोल हा पदार्थ अति नीच उष्णमानावर सुद्धां थिजत नाहीं.

पाऱ्याच्या उष्णमापकाचाच फार व सर्वत्र उपयोग करितात. एका बाजूस गोल किंवा लांबट फुगा असलेल्या केशाकृति भोंकाच्या बारीक नळीचें हें उष्णमापक केलेलें असतें (आ० ६ पहा). फुगा व नळीचा कांहीं भाग हे पाऱ्यानें भरलेले असतात, आणि नळीवरच भाग खोदलेले असतात (आ० १० पहा), किंवा भाग पाडलेली पट्टी नळीस लाविलेली असते (आ० १३ पहा), तिनें पाऱ्याचें प्रसरण मापितात.

नळींत पारा भरण्याकरितां आकृति ६ मध्यें दाखविल्यासारखी एक लहान गळती नळीच्या उघड्या तोंडावर करितात. नळीचें तोंड वितळवून व फुगवून



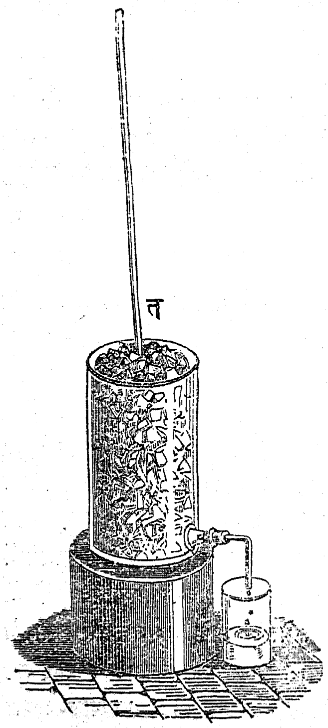

गळतींतील पान्यांतून बुडबुड्यांच्या रूपानें निघून जाते; आणि नंतर नळीस थंड केल्यानें प्रसरण पावलेली हवा आकुंचित होते, आणि कांहीं पारा फुग्यांत उतरतो. नंतर फुग्यास पुनः उष्ण केलें, ह्मणजे आणखी हवा निघून जाते, व फुग्यास थंड केल्यावर आणखी पारा उतरतो. याप्रमाणें वरचेवर करून सर्व फुगा व नळीचा कांहीं भाग पान्यानें भरितात. नंतर फुग्यांतील पान्यास तो कढूं लागेपर्यंत उष्ण करितात. पारा कढूं लागून त्याची वाफ निघूं लागली, ह्मणजे ती नळींत राहिलेल्या हवेस व पाण्याच्या वाफेस बाहेर घालविते. याप्रमाणें सर्व नळी प्रसरण पावलेल्या पान्यानें व पान्याच्या वाफेनें भरलेली असतां तिचें तोंड वितळवून बंद करितात. नळी थंड झाल्यावर फुगा व नळीचा कांहीं भाग पान्यानें भरलेला असला पाहिजे ( आ० ७ पहा ).

**६. उष्णमापकावर प्रमाणबिंदु मांडणें.**—वर सांगितल्याप्रमाणें उष्णमापक भरल्यावर उष्णमान वाढेल किंवा कमी होईल त्याप्रमाणें नळींत पारा वर चढेल किंवा खालीं उतरेल; व त्यावरून उष्णमानें मापितां येतील. उष्णमानें मापण्याकरितां नळीवर अंश ह्मणजे भाग पाडले पाहिजेत. अंश मांडण्याकरितां नियमित व कायमचीं उष्णमानें दर्शविणारे दोन बिंदु ठरविले पाहिजेत, व ते सहज ठरवितां येतात.

प्रयोगावरून असें समजलें आहे कीं, कोणत्याही उष्णमानावर बर्फास वितळविलें तरी त्याचें वितळण्याचें उष्णमान नेहमीं सारखें असतें. तसेंच पाण्याची वाफ थिजवून केलेलें शुद्ध पाणी समान दाबाखालीं एकाच जातीच्या भांड्यांत नेहमीं

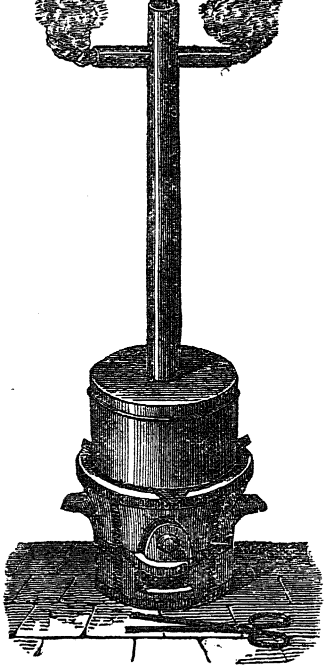
वितळणाऱ्या बर्फाचें उष्णमान व पाण्याच्या कढण्याचें उष्णमान या दोहों-मधील जें अंतर तें उष्णमानांची तुलना करण्याकरितां प्रमाणभूत घेतात. लांबी मोजण्याकरितां किंवा निरनिराळ्या पदार्थांच्या लांबीची तुलना करण्याकरितां फूट किंवा यार्ड हीं नियमित लांबीचीं प्रमाणें घेतात. तद्वतच हें प्रमाण समजलें पाहिजे.

आ० ८.




नळीवर शून्य अंश मांडण्याकरितां, ह्मणजे वितळणाऱ्या बर्फाच्या उष्णमानावर नळींतील पारा कोठपर्यंत उतरतो, हें पाहून तेथें खुणा करण्याकरितां, ज्या पंचपात्रास पाणी वाहण्याची बुडाजवळ तोटी आहे, अशा पंचपात्रांत बर्फाचा चुरा भरून त्या चुऱ्यांत उष्णमापकाचा फुगा व नळीचा कांहीं भाग खुपसून सुमारें पाव तास ठेवितात. येणेंकरून पारा उतरतो; आणि जेथपर्यंत पारा उतरतो, त्या ठिकाणीं नळीवर बारीक दोरा बांधून खुणा करितात ( आकृति ८ पहा ).

दुसरा स्थिरबिंदु ठरविण्याकरितां ( आकृति ९ ) मध्यें दाखविलेलें यंत्र घेतात. यांत कथलानें मढविलेल्या लोखंडी पत्र्याचें एक भांडें करून त्यांत वाफेचें ह्मणजे वाफ थिजवून केलेलें कांहीं पाणी भरलेलें असतें, व



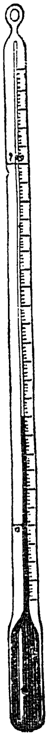
विलेली असते. नळीच्या तोंडांत बूच बसवून त्या बुचांतून उष्णमापक नळींतून भांड्यांत सोडलेलें असतें; व भांड्यांतील पाण्यांत न बुडतां पाण्यावरच इंच दोन इंच राहतें. याप्रमाणें उष्णमापक भांड्यांत सोडून पाण्यास कढवितात. पाणी कढूं लागल्यावर सर्व उष्णमापक पाण्यांतून निघणाऱ्या वाफेनें वेष्टिलें जातें, व नळीच्या वरच्या बाजूस ज्या आडव्या तोट्या आहेत, त्यांतून वाफ निघून जाते. ज्या उष्णमानावर पाणी कढतें, तेंच उष्णमान या वाफेचें असतें. वाफेच्या उष्णमानानें उष्णमापकांतील पारा चढून ज्या ठिकाणीं स्थिर होतो, तेथें दुसरी खुणा करितात.

**७. अंश किंवा विभाग पाडणें.**—लांबीची तुलना करण्याकरितां प्रमाणभूत घेतलेली जी फुटाची पट्टी तिचे १२ इंचांमध्यें समान १२ भाग पाडतात; व तेणेंकरून छोटी लांबी मापण्यास लहान प्रमाण मिळतें. त्याचप्रमाणें शून्यापासून ह्मणजे वितळणाऱ्या बर्फाच्या उष्णमानापासून कढण्याच्या बिंदूपर्यंत जें अंतर त्यास उष्णमानें मापण्याचें एक प्रमाण घेतलें आहे, ह्मणून त्याचेच सारखे लहान भाग पाडून छोटीं उष्णमानें मापण्यास छोटीं प्रमाणें काढिलीं पाहिजेत. हे जे छोटे भाग पाडतात त्यांस **अंश** असें ह्मणतात. हे छोटे भाग पाडण्याच्या

या भागांस **शतभाग अंश** असें ह्मणतात. **सेल्शिअस** या नांवाच्या गृहस्थानें हें उष्णमापक शोधून काढिलें, ह्मणून कधीं कधीं यास सेल्शिअस याचें उष्णमापक ह्मणतात. शास्त्रीय ग्रंथांत हल्लीं बहुधा शतभाग उष्णमापकाचेच अंश दिलेले असतात. या पुस्तकांतही उष्णमानें याच अंशांत दिलीं आहेत.

अंश दर्शविण्याकरितां उष्णमान दर्शविणाऱ्या संख्येवर उजवे बाजूस लहान शून्य मांडितात. या उष्णमापकाचा बर्फ वितळण्याचा बिंदु ०° असतो, व पाणी कढण्याचा बिंदु किंवा उष्णमान १००° असतें. ०° आणि १००° यांमधील अंतराचे १०० भाग पाडून तसलेच ०° खालीं व १००° वर भाग पाडलेले असतात. ०° खालील उष्णमानें दर्शविण्यास उष्णमानाच्या आंकड्यामागें ऋणचिन्ह घालतात.—१५° **श** ह्मणजे ०° खालीं १५° असें समजावयाचें. उष्णमानें सूक्ष्म रीतीनें समजण्यासाठीं जीं उष्णमापकें करितात, त्यांच्या नळ्यांवरच हे भाग पाडलेले असतात (आ० १० पहा). अशा मानपट्टीचें स्थलांतर होत नाहीं; व तिची लांबीही नियमित राहते. कारण कांच उष्णतेनें फार थोडी प्रसरण पावते. हे अंश पाडण्याकरितां नळीवर मेण सारवितात, आणि सुईच्या टोंकानें विभागाच्या रेषा व आंकडे मांडितात. नंतर नळीवर **हैड्रोफ्लुओरिक** आसिड ओतितात; किंवा या आसिडाच्या वाफेंत नळीस १० मिनिटें ठेवितात. या आसिडाचें कार्य मेणावर न होतां ज्या ठिकाणचें मेण निघून कांच उघडी झालेली असते, त्या ठिकाणीं मात्र कांचेवर घडून कांच खाली जाऊन खोदली जाते, व रेषा व आंकडे उठतात. नंतर टर्पेनटाईन नळीवर ओतून मेण वितळविलें व नळी स्वच्छ केली, ह्मणजे नळीवर कायमचे अंश खोदलेले राहतात.

आ० १०.



कधीं कधीं हस्तिदंती, लांकडी, किंवा धातूच्या पट्ट्यांवर अंश

आणखी दोन प्रकारचा उष्णमापक असून त्यांचे अंशही भिन्न आहेत.

रियामरच्या उष्णमापकाचा उपयोग **रूस** देशांत आणि **जर्मनीच्या** उत्तरभागीं करितात. याचे स्थिरबिंदु शतभाग उष्णमापकासारखेच असतात. ह्मणजे यांत उष्णमान मापण्याचें मूळ एक प्रमाण किंवा दोहों स्थिरबिंदूंमधील अंतर तेंच असतें. मात्र पोटविभाग किंवा अंश भिन्न असतात. यांत दोहों स्थिरबिंदूंमधील अंतराचे १०० विभाग न करितां ८० विभाग केलेले असतात. ह्मणून रियामर याच्या ८० अंशाबरोबर शतभाग उष्णमापकाचे १०० अंश असतात. ह्मणजे रियामरचा एक अंश $\frac{१००}{८०}=\frac{५}{४}$ शतभाग अंशाबरोबर असतो; आणि शतभाग उष्णमापकाचा एक अंश $\frac{८०}{१००}=\frac{४}{५}$ रियामरच्या अंशाबरोबर असतो. याकरितां रियामरच्या अंशाचे शतभाग करणें झाल्यास त्यांस $\frac{५}{४}$ नीं गुणावें. वीस रियामरच्या अंशां$=२०\times\frac{५}{४}=२५$ शतभाग अंश; आणि शतभाग अंशांचे रियामरचे अंश करणें झाल्यास शतभाग अंशांस $\frac{४}{५}$ नीं गुणावें.

फारेनहीटनें सन १७१४ सालीं शोधून काढलेल्या उष्णमापकाचा अद्याप विलायतेंत फार उपयोग करितात; व तसेंच हालंडांत आणि उत्तर अमेरिकेंतही करितात; हिंदुस्थानांत याचाच उपयोग करितात. यांतील उच्च बिंदु वरच्या दोहोंप्रमाणें कढत्या पाण्याचें उष्णमानच कल्पिलेला आहे. परंतु या उष्णमापकावरील शून्य अंश मांडण्यास नवसागर व बर्फ यांच्या मिश्रणाचें जें उष्णमान असतें, तें उष्णमान घेतलेलें असतें. कारण त्या वेळीं हेंच काय तें अति नीच उष्णमान अशी समजूत होती, व याच उष्णमानास केवल शून्य उष्णमान चुकीनें समजण्यांत आलें होतें. या दोहों उष्णमानांमधील अंतराचे २१२ विभाग केलेले असतात. फारेनहीटचें उष्णमापक वितळणाऱ्या बर्फांत बुडविलें, ह्मणजे त्यांतील पारा ३२° वर स्थिर राहतो. ह्मणून शतभाग उष्णमापकाच्या १०० अंशांबरोबर फारेनहीट उष्णमापकाचे १८० अंश असतात; आणि शतभाग उष्णमापकाच्या एक अंशाबरोबर फारेनहीटचे $\frac{९}{५}$ अंश असतात; आणि फारेनहीटचा १ अंश $\frac{५}{९}$ शतभाग अंशाबरोबर असतो.



( ६३ अंशांस ) $\frac{५}{९}$ नीं गुणावें; $६३ \times \frac{५}{९} = ३५$; ह्मणजे शतभाग अंश येतात.

फारेनहीट उष्णमापकाचे अंश दर्शविण्यास **फा** अक्षर घेतलें, आणि शतभाग उष्णमापकाचे अंश दर्शविण्यास **श** अक्षर घेतलें तर फारेनहीटचे शतभाग अंश पुढील सारणीनें काढितां येतात.

$$( फा - ३२ ) \frac{५}{९} = श.$$

आणि शतभाग अंशांचे फारेनहीट अंश पुढील सारणीनें काढितां येतात.

$$\frac{९}{५} श + ३२ = फा.$$

अंशांचीं धन व ऋण चिन्हें लक्षांत ठेविलीं, तर या सारण्या सर्व उष्णमानांस लागू पडतात. उदाहरणार्थ ५ फारेनहीट अंशांचे शतभाग अंश करणें असल्यास,

$$( ५ - ३२ ) \frac{५}{९} = \frac{-२७ \times ५}{९} = - १५^{\circ} श.$$

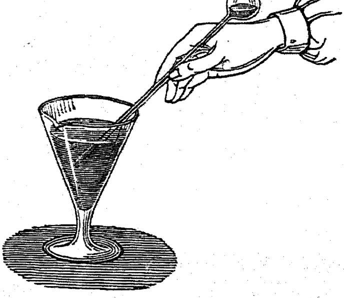
याचप्रमाणें रियामरच्या अंशांचे फारेनहीट अंश करणें झाल्यास खालील सारणीनें करितां येतात.

$$\frac{९}{४} रि + ३२ = फा.$$

आणि फारेनहीटचे रियामर अंश करण्यास खालील सारणी उपयोगीं पडते.

$$( फा - ३२ ) \frac{४}{९} = रि.$$

**८. आल्कोहोलाचें उष्णमापक.**— पाण्याच्या जागीं रंगविलेला आल्कोहोल भरून हें उष्णमापक केलेलें असतें. द्रवाचें उष्णमान जसें त्यांच्या कढण्याच्या उष्णमानाजवळ जाईल, त्याप्रमाणें त्याचें प्रसरण अनियमित असतें. आल्कोहोल ७८° **श** उष्णमानावर कढतो; ह्मणून याचें प्रसरण फार अनियमित असतें. निरनिराळ्या उष्णमानांच्या द्रवांत पाऱ्याच्या उष्णमापकाबरोबर आल्कोहोलाचें उष्णमापक बुडवून या उष्णमापकावर नेहमीं अंश मांडितात.



झाल्यावर हवा आकुंचित **होते,** आणि हवेच्या दाबानें नळींत **व** फुग्यांत आल्कोहोल चढतो. **परंतु** सर्व नळी व फुगा पहिल्या **खेपे**-सच आल्कोहोलानें भरत **नाहींत.** कांहीं हवा नळींत राहते. **नंतर** आल्कोहोलास कढवितात. **ह्मणजे** आल्कोहोलाची वाफ सर्व **हवेस** बाहेर घालविते. मग नळी पुनः आल्कोहोलांत बुडवितात. आतां सर्व नळी अगदीं भरून जाते. नळीचें तोंड वितळवून बंद करितात. आणि पाऱ्याच्या उष्णमापकाप्रमाणें अंश वगैरे मांडितात.

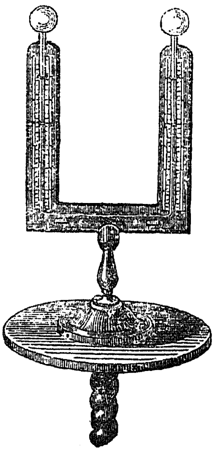
**९. पाऱ्याच्या उष्णमापकाच्या मर्यादा.**—द्रवांच्या सर्व उष्ण-मापकांत पाऱ्यांचें उष्णमापक सर्वांत जास्त उपयोगी आहे. कारण पारा नियमित प्रसरण पावतो, व यास सहज शुद्ध करितां येतें.—३६° **श** आणि १००° **श** या दोन उष्णमानांमधील सर्व उष्णमानांवर पारा फार नियमित मानानें प्रसरण पावतो; ह्मणजे उष्णमानाप्रमाणें प्रसरण व आकुंचन प्रमाणांत असतें.—३६° **श** हून खालचीं उष्णमानें मापण्यास नेहमीं आल्कोहोलाचें उष्णमापक घेतलें पाहिजे. कारण पारा—४०° **श** उष्णमानावर थिजतो, व शिशासारखा घट्ट होतो. १००° **श**पेक्षां जास्त उष्णमानावर पाऱ्याचा प्रसरणगुणक वाढतो. ह्मणून हीं वरचीं उष्णमानें स्थूलमानानें मात्र बरोबर असतात; आणि कधीं कधीं कित्येक अंशांची चूक पडते. ३५०° **श**वरचीं उष्णमानें मापण्यास पाऱ्यांचें उष्णमापक उपयोगीं पडत नाहीं. कारण पारा ३५०° **श** उष्णमानावर कढतो.

**उष्णमापकानें उष्णमान पाहणें.**—एखाद्या खोलीचें उष्णमान पाहण्याकरितां नेहमीं उष्णमापक भिंतीस टेंकून टांगून ठेवितात; परंतु यानें

उष्णमापकावरून खऱ्या उष्णमानापेक्षां उच्च किंवा नीच उष्णमान समजेल. खोलींतील हवेचें बरोबर उष्णमान समजण्याकरितां खोलींत मध्यभागीं, ज्या दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाच्या सान्निध्यानें उष्णमान वाढेल किंवा कमी होईल त्यापासून दूर अशा ठिकाणीं दोरीनें उष्णमापक टांगावें. हवेचें उष्णमान पाहण्यासही हीच खबरदारी घेतली पाहिजे. सावलींत उष्णमापकास अधांत्रीं टांगावें, भिंतीस टेंकून टांगूं नये.

**१०. लेस्लीचें अंतरदर्शक उष्णमापक.**—जवळ जवळच्या दोन स्थळांच्या उष्णमानांमधील अंतर दाखविणारें उष्णमापक **सर जान लेस्ली** यानें शोधून काढिलें, व त्यावरूनच त्यास **अंतरदर्शक उष्णमापक** हें नांव दिलें आहे. हवा असलेले दोन फुगे काटकोनाकार वांकविलेल्या बारीक नळीनें जोडून एका लांकडी बैठकीवर बसविलेले असतात (आ० १२).

आ० १२.



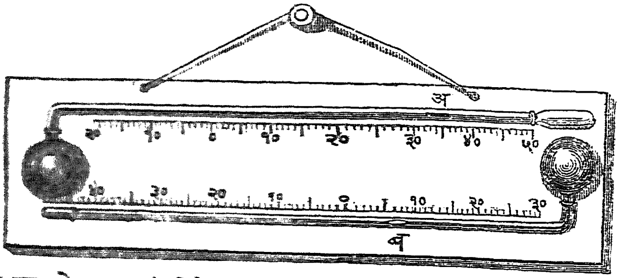
यंत्र बंद करण्यापूर्वीं सर्व आडवी नळी व उभ्या नळ्यांचे अर्धेभाग भरण्यापुरता द्रव नळींत घातलेला असतो. ज्या द्रवापासून साधारण उष्णमानावर वाफ निघत नाहीं असा द्रव घेणें अवश्य असतें. याकरितां जलमिश्रित सल्फ्युरिक आसिडास लिटमसानें लाल करून त्या द्रवाचा या उष्णमापकांत उपयोग करितात. याप्रमाणें द्रव भरल्यावर यंत्र बंद करितात, आणि नंतर दोहों फुग्यांस भिन्नभिन्न उष्णमानांवर आणण्या-जोगें उष्ण करून एका फुग्यांतील हवा दुसऱ्या फुग्यांत घालवितात; आणि दोन्ही उभ्या नळ्यांतील द्रव एका सपाटीवर आणितात. एका सपाटीवर द्रव आणल्यावर द्रवांचे माथे जेथें असतात, तेथें शून्यें मांडतात. आतां यंत्रावर अंश मांडण्याकरितां एका फुग्याचें उष्णमान दुसऱ्यापेक्षां १०° नीं वाढवितात. उष्णमान वाढविलेल्या फुग्यांतील हवा प्रस-

करून तसले विभाग शून्याच्या वर आणि शून्याच्या खालीं दोन्ही नळ्यांव
नांडांत जातात. फुग्यांच्या नळ्या वांकवून खालीं फुगे केलेलें एक सुधारले
असलें यंत्र असतें व त्यानें द्रवांचें उष्णमान पाहतां येतें.

### ११. रथरफोर्ड याचीं महत्तम व लघुत्तम उष्णमापकें:—

वायुचक्रशास्त्रांतील वेध घेण्यास दिवसाचें महत्तम उष्णमान काय होतें व रात्रीचें लघुत्तम उष्णमान काय होतें हें समजणें जरूर असतें. साध्या उष्णमापकावरून हें समजण्यास उष्णमापकाकडे एकसारखें पाहत बसलें पाहिजे. असें करणें शक्य नसतें. याकरितां महत्तम व लघुत्तम उष्णमानें आपोआप समजण्याजोगी अनेक उष्णमापकें काढण्यांत आलीं आहेत. त्या सर्वांत **रथरफोर्ड** याचीं फार साधीं आहेत. एका काटकोन चौकोनाकृति कांचेच्या तावदानावर दोन उष्ण-मापकें बसविलेलीं असतात. दोहोंच्या नळ्या आडव्या असतात. व फुग्याजवळ

आ० १३.




नळ्या काटकोनाकार वांकविलेल्या असतात. वरचें **अ** हें पान्याचें व खालचें **ब** हें आल्कोहोलाचें उष्णमापक असतें (आ० १३ पहा). **अ** नळीच्या भोकांत पुढें मागें सरण्याजोगा लोखंडी तारेचा तुकडा असतो. याचा दर्शकाप्रमाणें उपयोग होतो. उष्णमापक आडवें ठेविलें असल्यानें उष्णमान वाढल्यामुळें पारा प्रसरण पावतो, व तो या तारेच्या तुकड्यास पुढें ढकलतो. परंतु नंतर उष्णमान उतरलें ह्मणजे

तुकडा लोटला गेला असेल, तेथेंच राहतो, व त्यानें आपोआप अति उच्च किंवा महत्तम उष्णमान नोंदलें जातें. आकृतींत महत्तम उष्णमान ३२° आहे. सकाळीं उष्णमापक लावतांना चुंबकानें लोखंडी तुकड्यास पाऱ्याच्या स्तंभापुढें आणतात. खालच्या ब लघुत्तम उष्णमापकांत एक बारीक कांचेच्या नळीचा लहानसा तुकडा आहे. हा तुकडा आल्कोहोलाच्या स्तंभाच्या टोंकापाशीं असतां उष्णमान उतरलें, तर आल्कोहोलानें ओला झालेला व त्यामुळें त्याशीं संलग्न असलेला हा नळीचा तुकडा आकुंचित होऊन मागें सरणाऱ्या आल्कोहोलाबरोबर मागें जातो, व जितका द्रव थंडीनें आकुंचित होऊन मागें हटेल तितका तोही मागें सरतो. नंतर पुनः उष्णमान चढलें तर आल्कोहोल प्रसरण पावतो; आणि नळीच्या तुकड्याच्या दोहों बाजूंनीं पुढें जातो. आणि तुकडा जेथें मागें हटला होता, तेथेंच राहतो. यामुळें जेथें तुकडा असेल, त्यावरून लघुत्तम उष्णमान कळतें. आकृतींत लघुत्तम उष्णमान ०° खालीं ५° उतरलेलें दाखविलें आहे.

उष्णमापकाचे जे अनेक महत्वाचे उपयोग होतात, त्यांपैकींच शरीराचें उष्णमान पाहणें हा एक आहे. शरीराचें उष्णमान नेहमीं ९८° **फा.** असतें. सशक्त, सदृढ, व निरोगी मनुष्याचेंही उष्णमान याहून क्वचित् एखादा अंश जास्त किंवा कमी होतें. परंतु याहून उष्णमानांत जास्त फेरफार झाल्यास शरीरांत कांहींतरी गडबड झाली आहे असें तत्काळ अनुमान करितां येतें. याकरितां ज्वरसंबंधीं रोगांचें अस्तित्व कळण्यास व त्यांत चढउतार झाल्याचें बरोबर समजण्यास उष्णमापक अत्यंत उपयोगाचें झालें आहे. या कामाकरितां विशेष प्रकारचें महत्तम उष्णमापक केलेलें असतें, व त्यावर ९०° पुढील मात्र अंश मांडलेले असतात. कारण ९८° फा. या प्रमाणभूत उष्णमानाहून उष्णमान किती चढलें व उतरलें आहे एवढेंच पाहण्याकरितां हें उष्णमापक असतं

आ० १४.



यंत नाहींत अशीं उष्णमानें मापण्याच्या यंत्रास **अग्निमापक** हें नांव देता याकरितां जीं यंत्रें करण्यांत आलीं होतीं, तीं सर्व निरुपयोगी ठरून त्यांन आतां कोणी उपयोग करीत नाहीं. कारण त्यांपैकीं कोणत्याच यंत्रा बरोबर उष्णमान समजत नाहीं. वायूंच्या प्रसरणानें उच्च उष्णमानें मापित सूक्ष्म उष्णमानें मापण्यास उष्णताजन्य विद्युल्लतेचाही उपयोग करितात. ( पुस्त ८ प्रकरण १३ पहा ).

---

# प्रकरण २

## उष्णतेचें विसर्जन.

**१३. विसर्जक उष्णताः—**आपण उन्हांत किंवा विस्तवाजवळ उभे राहिलों, तर आपलें आंग भाजतें, हें हवेच्या उष्णमानामुळें घडत नसतें, कारण डोक्यावर छत्री घेतली, किंवा विस्तवाच्या आड पडदा धरिला, तर लागलीच आपल्या अंगास उष्णता लागत नाहीं. जर सभोंवतालच्या हवेचें उच्च उष्णमान असतें तर असें घडलें नसतें. ह्मणून पदार्थांपासून उष्णतेचे किरण फांकतात किंवा विसर्जित होतात, व त्यांच्या योगानें ते किरण ज्यांवर पडतात, ते पदार्थ मात्र उष्ण होतात. प्रकाशाचे किरण पारदर्शक पदार्थांतून जसे पार जातात, त्याचप्रमाणें उष्णतेचे किरण ज्या हवेंतून जातात, त्या हवेस उष्ण न करितां तिजमधून पुढें जातात. या रीतीनें उष्णता फांकली ह्मणजे ती **विसर्जित** झाली असें ह्मणतात. याप्रमाणें जी उष्णता फांकते, तिला **उष्णतेचे किरण** असें नांव देऊं. याचप्रमाणें जो प्रकाश फांकतो, त्यासही **प्रकाशकिरण** असें नांव पुढें देणार आहों.

प्रकाशाचे किरण जसे स्वतः प्रकाशमान नसतात, तसेच उष्णतेचे किरणही

उष्णमान वाढवीत नाहींत. पृथ्वीजवळच्या प्रदेशापेक्षां वातावरणाचे वरचे प्रदेश व आकाशांतील प्रदेश यांचें उष्णमान फार नीच असतें.

कांचेचें एक पोकळ गोल लेन्स घेऊन त्यांतून पाण्याचा प्रवाह वाहूं दिला, व अशा लेन्साच्या एका बाजूवर सूर्याचे किरण पडूं दिले तर त्याच्या दुसऱ्या बाजूस त्याच्या केंद्रांत कफ किंवा पिंजलेला कापूस धरिला, तर तो सहज पेटतो.

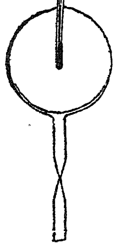
विस्तव, दिवे, किंवा आरक्तोष्ण पदार्थ यांच्या अंगींच तेवढा उष्णता विसर्जित करण्याचा धर्म असतो असें नाहीं. पदार्थाचें उष्णमान कोणतेंही असलें तरी त्यापासून उष्णता विसर्जित होते. कुपीभर ऊन पाणी असलें व कुपीभर थंड पाणी असलें तर दोहोंपासून उष्णता विसर्जित होते. दोहोंच्या उष्णमानांत जसें अंतर असेल त्याप्रमाणें एकापासून दुसऱ्यापेक्षां जास्त उष्णता फांकेल, ह्मणजे विसर्जित होईल.

**१४. विसर्जनाचे नियमः—**उष्णताविसर्जनाचे मुख्य तीन नियम आहेतः—

**( १ ) पदार्थापासून उष्णता सर्व दिशांनीं फांकतेः—**उष्ण पदार्थाच्या सभोंवार निरनिराळ्या ठिकाणीं उष्णमापक ठेविलें, तर सर्व ठिकाणीं उष्णमान चढेल. पदार्थापासून सारख्या अंतरावर सारखें उष्णमान चढतें.

**( २ ) उष्णता सरळ रेषांनीं फांकतेः—**उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान आणि उष्णमापक यांस सांधणाऱ्या रेषेंत पडदा धरिला, आणि उष्णतेचे किरण उष्णमापकावर सरळ रेषांनीं पडूं दिले नाहीं, तर उष्णमापकांतील पारा चढत नाहीं.

**( ३ ) जशी हवेंत विसर्जक उष्णता फांकते, तशी रिक्त स्थळींही फांकतेः—**एक कांचेचें फ्लास्क किंवा चंबू घेऊन त्याच्या बुडास भोंक पाडावें व त्यांत ट उष्णमापक असें बसवावें कीं त्याचा फुगा मध्यभागीं येईल



च्या ज्योतीनें मान ओढून बारिक केलेल्या भागीं वितळवून तोंड बंद करावें. अशा फ्लास्कास गरम पाण्यांत बुडविलें किंवा त्याजवर किंवा त्याजवळ लालभडक कोळसे धरिले, तरी त्यांतील उष्ण-मापक तत्काळ चढेल. फ्लास्काच्या आंत हवा नसून रिक्तता आहे. यास्तव रिक्ततेंतून उष्णता गेल्यामुळेंच उष्णमापक चढलें यांत संशय नाहीं. कारण कांच हा इतका मंदवाहक पदार्थ आहे कीं, फ्लास्काच्या कांचेतून व उष्णमापकाच्या कांचेंतून उष्णता इतकी जलद कधीं जाऊं शकली नसती.

**१५. विसर्जक उष्णतेची तीव्रता कमी होण्याचीं कारणें:—उष्ण पदार्थापासून जी उष्णता आपणाकडे विसर्जित होते, तिची तीव्रता, उष्ण पदार्थाचें उष्णमान आणि त्याचें आपणापासून अंतर यांवर अवलंबून असतेः**—ज्या नियमांनीं विसर्जित उष्णतेची तीव्रता बदलते, ते नियम असे आहेत:—**(१) विसर्जित उष्णतेची तीव्रता उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाच्या उष्णमानाच्या प्रमाणांत असते. (२) विसर्जित उष्णतेची तीव्रता अंतराच्या वर्गाच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत असते.**

अंतरदर्शक उष्णमापकाच्या फुग्यापासून सारख्या अंतरावर १०°, २०°, किंवा ३०° **श** उष्णमानाचें पाणी भरलेले धातूचे डबे एकामागून एक ठेवून पहिला नियम सिद्ध करितां येतो. उष्णमापकानें दर्शविलेलीं उष्णमानें डब्यांतील पाण्याच्या उष्णमानाच्या नेहमीं प्रमाणांत असतात. उदाहरणार्थ १०° **श** उष्णमानाचें पाणी भरलेल्या डब्यानें जर २° **श** उष्णमान वाढलें, तर दुसऱ्या व तिसऱ्या डब्यांतील पाण्यानें अनुक्रमें ४° व ६° **श** उष्णमान वाढेल. दुसरा नियम प्रयोगद्वारा सिद्ध करण्याकरितां उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानापासून एक यार्ड अंतरावर अंतर्दर्शक उष्णमापक ठेवावें, आणि किती उष्णमान चढतें तें पहावें; नंतर याच्या दुप्पट ह्मणजे दोन यार्ड अंतरावर उष्णमापक ठेवून उष्णमान पहावें, ह्मणजे तें पहिल्याच्या चतुर्थांश मात्र चढेल. दुप्पट अंतरावर पदार्थ गेला,

**१६. सर्व पदार्थांत उष्णतेची परस्पर अदलाबदल होते.** पदार्थांच्या सभोंवार सर्व दिशांनीं एकसारखें उष्णतेचें विसर्जन होत असल्यामुळें उष्णतेची अदलाबदल सतत चालत असते. ह्मणजे एका पदार्थांतील उष्णता दुसऱ्यांत जाणें व दुसऱ्यांतील पहिल्यांत येणें हा क्रम चालतो. जर सर्व पदार्थ सारख्या उष्णमानावर असले, तर प्रत्येक पदार्थास जेवढी उष्णता दुसऱ्यापासून मिळते, तेवढीच तो विसर्जित करितो; आणि येणेंकरून सर्वांचीं उष्णमानें सारखीं राहतात. परंतु जर त्यांचीं उष्णमानें असमान असलीं, तर जास्त उष्ण असलेल्या पदार्थांस जेवढी उष्णता दुसऱ्यांपासून मिळते, त्याहून ते जास्त उष्णता विसर्जित करितात, ह्मणून त्यांचें उष्णमान उतरतें. आणि कमी उष्णमानाचे पदार्थ जेवढी उष्णता विसर्जित करितात, त्याहून त्यांस जास्त उष्णता मिळते, ह्मणून त्यांचें उष्णमान वाढतें. असा विनिमय घडून अखेरीस सर्वांचीं उष्णमानें सारखीं होतात. असें झाल्यावर विसर्जन थांबतें, अशी गोष्ट घडत नाहीं. तें तसेंच पुढें चालतें. परंतु प्रत्येक पदार्थांतील उष्णता कमी किंवा जास्त होत नाहीं. ह्या स्थितीस **उष्णमानाचें चलसमतोलन** (Mobile equilibrium of temperature) असें ह्मणतात.

वर जें सांगितलें त्यावरून असें लक्षांत येईल कीं, एकाद्या विवक्षित खोलींत असलेल्या सर्व पदार्थांचें उष्णमान सारखें होण्याचा कल असतो. परंतु साधारणतः अशी गोष्ट घडत नाहीं. कित्येक कारणांनीं कांहीं पदार्थ थंड होतात, व कांहीं उष्ण होतात. उदाहरणार्थ भिंतीजवळ ठेवलेले पदार्थ बाहेरच्या थंड हवेनें शीत होतात. आणि खोलीच्या माथ्याजवळ जे असतात, त्यांचें उष्णमान वाढतें. कारण उष्ण झालेली हवा विरल ह्मणजे कमी दाट असल्यामुळें वर चढते; ह्मणून छताजवळचे थर नेहमीं खालच्या थरांहून जास्त उष्ण असतात.

उष्णतेचा हा जो एकसारखा विनिमय चालतो, त्यामुळें पदार्थ शीत होतात. परंतु त्यास मर्यादा असते. कारण जेवढी उष्णता पदार्थांपासून जाते, तेवढी त्यांस मिळण्याचा कल असतो; पदार्थ केवळ शीत होण्यास त्यास कोणत्याही

दुसऱ्या पदार्थापासून उष्णता मिळणार नाहीं अशा ठिकाणीं अवकाशांत अल व अधांत्रीं टांगिलें पाहिजे. अशा ठिकाणीं पदार्थास कांहीं उष्णता न मिळत त्याची उष्णता विसर्जनानें जाईल; आणि पदार्थाचें उष्णमान कोठवर उतरेल हे सांगतां येणार नाहीं.

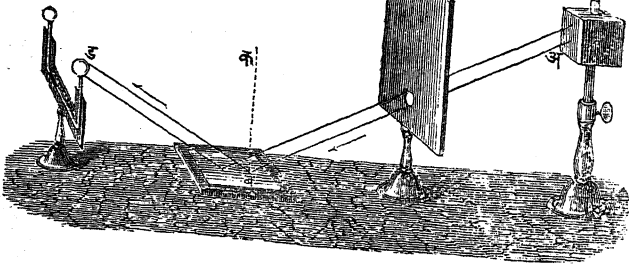
---

# प्रकरण ३

## उष्णतेचें परावर्तन, परावर्तक, शोषक आणि विसर्जकशक्ति.

**१७. उष्णतेच्या परावर्तनाचा नियमः**—उष्ण पदार्थापासून निघालेले किरण जेव्हां एखाद्या पदार्थाच्या पृष्ठभागावर पडतात, तेव्हां त्यांचे साधारणतः २ विभाग होतात. एक भाग पदार्थांत शोषला जाऊन त्यानें त्याचें उष्णमान वाढतें; आणि एखाद्या कठिण पदार्थावर स्थितिस्थापक चेंडू मारिला असतां तो जसा मागें उशी घेतो, त्याप्रमाणें दुसरा भाग, ह्मणजे शोषण न झालेली उष्णता पृष्ठभागापासून मागें हटते. याप्रमाणें उष्णता मागें हटली ह्मणजे **उष्णतेचे किरण परावर्तन पावले** असें ह्मणतात. ऊन पाण्यानें भरलेला **अ** हा **हम**चौक डबा असून त्यापासून उष्णतेचे किरण फांकत

आ० १६.



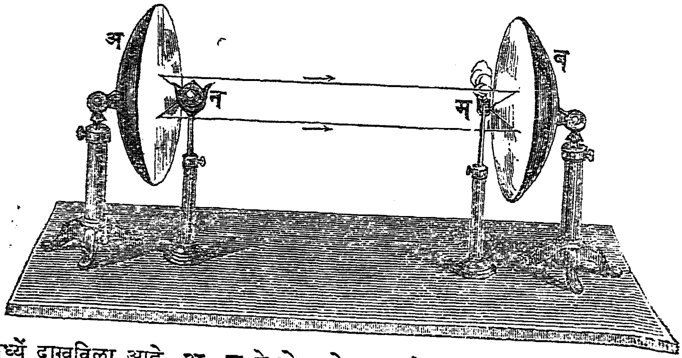
आहेत ( आ० १६ पहा ). डब्यापुढें एक पडदा आहे, व त्यास तळाशीं भोंक आहे. त्यांतून मात्र **अ** डब्यापासून निघालेले किरण पुढें जातात, आणि पडद्यापुढें **ब** हा जिल्हईदार पत्रा आहे, त्यावर पडतात. या पत्र्याच्या पुढें **ड** हें अंतरदर्शक उष्णमापक आहे; व त्याचा एक फुगा अशा ठिकाणीं ठेविला आहे कीं, त्यावर जिल्हईदार पत्र्यापासून परावर्तन पावलेले किरण पडावे. असे परावृत्त किरण त्यावर पडतांच त्याचें उष्णमान वाढतें. या प्रयोगांत **अब**सारखे जे किरण परावर्तक पृष्ठभागावर पडतात, त्यांस **पतनकिरण** म्हणतात. पतनकिरण परावर्तक पृष्ठभागाशीं जो कोन करितो त्यास **पतनकोन** न म्हणतां, परावर्तक पृष्ठभागावर **ब** बिंदूतून काढलेला जो **बक** लंब त्या लंबाशीं **अब पतनकिरण** जो **अबक** कोन करितो, त्या **अबक** कोनास **पतनकोन** म्हणतात. आणि याच लंबाशीं **बड** परावृत्त किरण जो **कबड** कोन करितो, त्यास **परावर्तनकोन** म्हणतात.

उष्णतेचें परावर्तन अशा नियमानें घडतें कीं **परावर्तनकोन नेहमीं पतनकोनाबरोबर असतो.** प्रकाशाचें परावर्तनही याच नियमानें घडतें, असें आपणास पुढें कळून येईल.

**१८. अंतर्गोल आरशापासून उष्णतेचें परावर्तनः**—धातु किंवा कांच यांच्या अंतर्गोल पृष्ठभागाचे आरसे केलेले असतात. अंतर्गोल आरशाच्या पृष्ठभागापासून उष्णतेचें परावर्तन घडलें म्हणजे परावृत्त उष्णतेचे परिणाम फार जोराचे घडतात. अत्यंत लहान असे अनंत सपाट पृष्ठभाग वक्रता येण्याजोगे एकमेकांशीं कलते जोडून गोल आरसे झाले आहेत, असें मानतां येईल. हे लहान लहान पृष्ठभाग दोहों बाजूंकडून मध्याकडे कलते जोडलेले असल्यामुळें अशा अंतर्गोल आरशावर उष्णतेचे किरण पडले, म्हणजे परावर्तनाच्या नियमाप्रमाणें परावर्तन पावून परावृत्त किरण एका बिंदूंत एकवटतात; व या बिंदूस **केंद्र** असें म्हणतात. आणि परावृत्त झालेली सर्व उष्णता या बिंदूंत एकवटल्यामुळें तिचा परिणामही जोराचा घडतो.

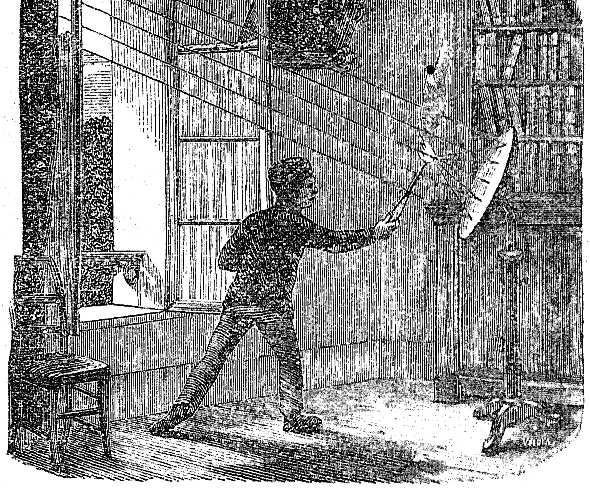
प्रकाशाच्या धर्माविषयीं विचार करितांना अंतर्गोल आरशाच्या केंद्राच्या धर्माविषयीं तपशीलवार वर्णन देऊं. विसर्जक उष्णता अशा आरशाच्या केंद्रांत एकवटली असतां तिची तीव्रता फार असते, किंवा तिच्या अंगीं तीव्रता फार येते,

आ० १७.




मध्यें दाखविला आहे. **अ, ब** हे दोन गोल आरसे किंवा परावर्तक ४ पासून ५ यार्डांच्या अंतरावर, त्यांचे परावर्तक पृष्ठभाग समोरासमोर आणि त्यांचे आंस एकाच रेषेंत येतील असे ठेविले आहेत. **अ** आरशाच्या केंद्रांत एका बैठकीवर तारांच्या जाळीच्या पेल्यांत **न** ही आरक्तोष्ण केलेली लोखंडी गोटी ठेविली आहे. दुसऱ्या **ब** परावर्तकाच्या **म** केंद्रांत फास्फरसासारख्या ज्वालाग्राही पदार्थाचा तुकडा ठेविला आहे. **अ** आरशाच्या केंद्रांतील **न** गोटीपासून जे किरण आरशावर पडतील त्यांचें परावर्तन झालें ह्मणजे आरशाच्या आंसाशीं समांतर अशा दिशेंत आरशापासून परावृत्त किरण निघतील, ते समोरच्या **ब** आरशावर पडून त्यापासून परावर्तन पावले, ह्मणजे ते त्याच्या **म** केंद्रांत एकवटतील. या केंद्रांतच ज्वालाग्राही पदार्थ ठेविलेला असतो तो पेटतो. परंतु या बिंदूच्या किंचित् खालीं किंवा वर पदार्थ ठेविला असतां पेटत नाहीं. यावरून केंद्रांत सर्व उष्णतेचे किरण एकत्र होतात, ही गोष्ट सिद्ध होते.

हाच परिणाम सूर्याच्या किरणांचाही घडतो. याकरितां एक अंतर्गोल परावर्तक सूर्याकडे फिरवून सूर्याचे किरण त्यावर त्याच्या आंसाशीं समांतर पडतील असा कलता ठेवावा (आ० १८ पहा). नंतर कागद, लांकूड, किंवा बून्त



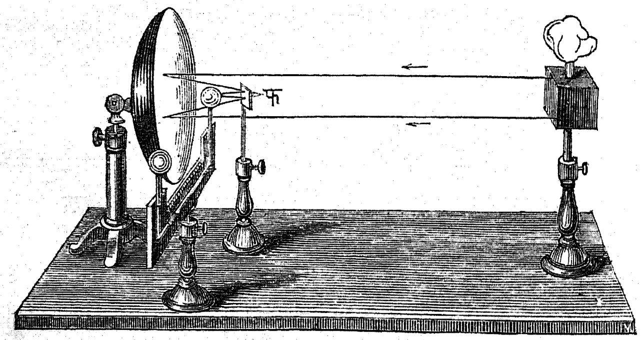
असा एकादा पेटणारा पदार्थ चिमट्यानें त्याच्या केंद्रांत धरिला, तर पदार्थ तत्काळ पेटतो. आरशाच्या आकारावर हा परिणाम अवलंबून असतो. सहा फूट व्यासाचा आरसा असला, तर, त्याच्या केंद्रांत तांबें आणि रुपें हे धातु लवकर वितळतात. गार सुद्धां कधीं कधीं नरम होऊन वितळते. अंतर्गोल आरशांच्या केंद्रांत असें उच्च उष्णमान उत्पन्न होतें, व ज्वालाग्राही पदार्थ सहज पेटतात, ह्मणून अशा आरशांस **दाहक** किंवा **उष्णतावर्धक** आरसे असें नांव दिलें तरी चालेल. असें सांगतात कीं, **सायराक्यूज**वर हल्ला करण्याकरितां जीं रोमन लोकांचीं जहाजें आलीं होतीं, त्यांस अशा आरशांनीं आर्किमीडीज यानें जाळलें होतें. ही गोष्ट घडणें शक्य आहे, असें दाखविण्याकरितां **बफन** यानें अशा शक्तीचे दाहक आरसे केले होते. ८ इंच लांब व ५ इंच रुंद असे अनेक रुप्यानें मढविलेले सपाट आरसे करून त्यांस अशा रीतीनें फिरते बैठकीवर बसविलें होतें कीं, त्या सर्वांपासून परावर्तन पावलेले किरण एकाच बिंदूंत एकव-

टत होते. असे १६८ आरसे घेऊन उन्हाळ्याच्या दिवशीं **बफन** यानें ७० यार्ड अंतरावर डांबर लाविलेली लांकडी फळी पेटविली.

**१९. पदार्थांची परावर्तकशक्तिः**—वर सांगितलें कीं, पदार्थांवर जी उष्णता पडते तिचे दोन भाग होऊन त्यांपैकीं एक भाग पदार्थांत शोषला जाऊन त्याचें उष्णमान वाढतें; व दुसरा भाग पृष्ठभागापासून परावर्तन पावतो. याप्रमाणें शोषण व परावर्तन पावलेल्या उष्णतांचीं परिमाणें भिन्न भिन्न पदार्थांत भिन्न भिन्न असतात. एका जातीचे पदार्थ थोडी उष्णता शोषण करितात, आणि फार उष्णतेचें त्यांपासून परावर्तन होतें. अशा पदार्थांची **परावर्तकशक्ति** फार असते. दुसऱ्या जातीच्या पदार्थांपासून फार थोड्या उष्णतेचें परावर्तन होतें, परंतु ते पुष्कळ उष्णतेस शोषण करितात. अशा पदार्थांची **शोषकशक्ति** फार असते. हे धर्म परस्पर विरुद्ध आहेत, हें उघड आहे. कारण जे पदार्थ फार उष्णता शोषण करितील, त्यांपासून थोडी उष्णता परावर्तन पावेल, आणि जे थोडी उष्णता शोषण करितील, त्यांपासून जास्त उष्णता परावर्तन पावेल.

निरनिराळ्या पदार्थांच्या परावर्तकशक्तींची तुलना करण्यासाठीं **लेस्ली** यानें कल्हई केलेल्या लोखंडी पत्र्याचा डबा घेतला, आणि त्यांत कढतें पाणी भरून त्यास अंतर्गोल आरशापुढें ठेविलें ( आ० १९ पहा ). आरशाकडे केले-

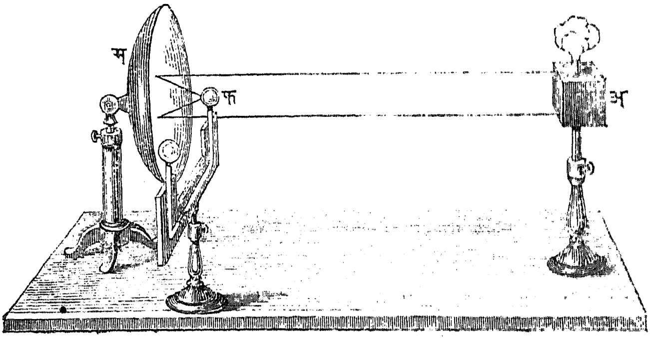
आ० १९.



त्रैकोनी पत्रे एकामागून एक ठेविले. आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें आरशापासून एकदां परावर्तन पावल्यावर हे किरण या पत्र्यांपासून पुनः परावर्तन पावतात; आणि शेवटीं अंतर्दर्शक उष्णमापकाच्या फुग्यावर पडतात. या प्रयोगांत उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान नेहमीं सारखेंच असतें, व त्याचें परावर्तकापासून अंतरही सर्व वेळीं एकच राहतें. तथापि धाकट्या पत्र्यांच्या भिन्नभिन्न द्रव्यांप्रमाणें उष्णमापकाचें उष्णमान भिन्नभिन्न मानानें चढतें. जिल्हईदार पितळेचा पत्रा घेतला, तर उष्णमान अत्यंत वाढतें. ह्मणून जिल्हईदार पितळ उत्तम परावर्तक आहे असें दिसतें. रुप्याच्या पत्र्याची परावर्तकशक्ति पितळेच्या ९/१० असते; कथलाची ८/१०; आणि कांचेची १/१० असते. पाणी आणि काजळ यांच्या आंगीं मुळींच परावर्तकशक्ति नसते. कारण काजळानें मढविलेले व पाण्यानें ओले केलेले पत्रे घेतले, तर उष्णमापक मुळींच चढत नाहीं. ह्मणून पत्र्यांपासून उष्णमापकावर उष्णता मुळींच परावर्तन होत नाहीं, हें उघड होतें.

**२०. शोषकशक्तिः**—पदार्थांच्या शोषकशक्तींची तुलना करण्याकरितां **लेस्ली** यानें ( आकृति २० ) मध्यें दाखविल्याप्रमाणें प्रयोगाची रचना

आ० २०.



केली. उष्णतेचें उत्पत्तिस्थान आणि परावर्तक मागच्या प्रयोगांतीलच
आणि आरशाच्या केंद्रांत अंतरदर्शक उष्णमापक ठेविलें. तेथें त्यावर आ
पासून परावर्तन पावलेले उष्णतेचे सर्व किरण साक्षात् पडत होते. केंद्र
फुग्याच्या पृष्ठभागावर कागद आणि कथील, सोनें, रुपें, तांबें, शिसें यांचे
क्रमाक्रमानें लावून फुग्याचा पृष्ठभाग बदलीत असे. तसेंच फुग्यास काजळ
पातळ थरानेंही एकवार मढविलें, व एकवार फुग्यास पाण्यानें ओलेंही केलें.
प्रयोग करून त्यानें असें अनुमान काढिलें कीं, जेव्हां केंद्रांतील फुगा काज
मढविला होता, किंवा पाण्यानें ओला केला होता, त्या वेळीं उष्णमाप
उष्णमान अत्यंत चढलें. यावरून काजळ आणि पाणी यांच्या शोषक
फार असतात असें सिद्ध झालें. धातूच्या पातळ वर्खानें जेव्हां फुगा मढ
होता, तेव्हां उष्णमापकाचें उष्णमान फारच कमी चढलें. त्यांतही रुप्
वर्खानें मढविला असतां अति थोडें चढलें. यावरून हे पदार्थ फार थोडी उ
शोषण करितात, असें सिद्ध झालें; ह्मणजे जे पदार्थ उष्णतेचें परावर्तन
करितात, तेच उष्णतेस फार थोडें शोषण करितात; आणि तसेंच जे उ
शोषक असतात, ते निकृष्ट परावर्तक असतात, असेंही सिद्ध झालें; व हेंच
मान मागील कलमांत सांगितलेल्या प्रयोगावरूनही निघालें.

२१. **विसर्जकशक्तिः**—पदार्थांमध्यें जी उष्णता असते, तिला ज
कमी मानानें विसर्जित करण्याचा जो पदार्थांच्या आंगीं धर्म असतो,
**विसर्जकशक्ति** असें ह्मणतात. ही शक्ति शोषकशक्तीच्या उलट असते.

अनेक पदार्थांच्या विसर्जकशक्तींची तुलना **लेस्ली** यानें आकृति
मध्यें दाखविलेल्या यंत्रानेंच केली. केंद्रांत ठेविलेल्या उष्णमापकाचा फुग
मढवितां चकचकीत ठेविला, आणि कढत्या पाण्याच्या डब्याच्या बाजू क्रम
मानें निरनिराळ्या पदार्थांनीं मढविल्या. डब्याच्या ४ बाजूंपैकीं एक
स्वाभाविक स्थितींत चकचकीत ठेविली, दुसरी बाजू काजळानें मढवि
तिसऱ्या बाजूवर पांढरा कागद लाविला, व चवथ्या बाजूवर कांचे
पत्रा लाविला.

प्रथमतः परावर्तकाकडे काजळानें मढविलेली बाजू केली, तेव्हां केंद्रां
उष्णमापक फार चढलें. यावरून काळ्या केलेल्या बाजूंतून डब्यांतील पुष्

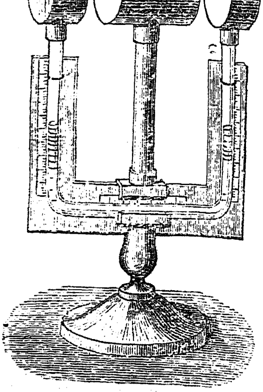
उष्णता परावर्तकावर विसर्जित झाली, असें सिद्ध झालें. नंतर क्रमाक्रमानें दुसऱ्या बाजू परावर्तकाकडे फिरविल्या. तेव्हां असें दिसून आलें कीं, काळ्या बाजूपेक्षां कागदाच्या बाजूंतून कमी, परंतु कांचेच्या बाजूपेक्षां जास्त उष्णता गेली; आणि कांचेच्या बाजूंतून डब्याच्या चकचकीत बाजूपेक्षां जास्त उष्णता विसर्जित झाली.

या रीतीनें प्रयोग करून **लेस्ली** यानें असें सिद्ध केलें कीं, काजळाची विसर्जकशक्ति अत्यंत असते. त्याच्या खालोखाल कागदाची; त्याच्या खालोखाल साध्या कांचेची; आणि सर्वांत कमी धातूची असते. याकरितां शोषक व विसर्जकशक्तींचें मान सारखेंच असतें. यावरून असें अनुमान निघतें कीं, जे पदार्थ उत्तम **शोषक** असतात, तेच उत्तम **विसर्जक** असतात. **ड्यूलांग** आणि **पेटिट** यांनींही असें सिद्ध केलें आहे कीं, प्रत्येक पदार्थाची विसर्जकशक्ति शोषकशक्तीच्या प्रमाणांत असते.

**२२. परावर्तक, शोषक, आणि विसर्जक शक्तींमध्यें फेरफार करणारीं कारणें:**—विसर्जक आणि शोषक शक्ति या नेहमीं समान असतात. ह्मणून ज्या कारणानें एकींत फेरफार होईल, त्याच कारणानें दुसरींतही फेरफार घडेल, हें उघड आहे. ज्यापेक्षां परावर्तक शक्ति या दोहोंच्या उलट असते, त्यापेक्षां ज्या कारणानें परावर्तकशक्ति वाढेल, त्याच कारणानें विसर्जक व शोषकशक्ति कमी होईल.

वर असें सांगितलें कीं, निरनिराळ्या पदार्थांत या शक्ति भिन्नभिन्न मानानें असतात; आणि धातूच्या अंगीं अत्यंत जास्त परावर्तक शक्ति असते; व काजळाच्या अंगीं अत्यंत कमी असते. जिल्हईचें मान, त्याचें दार्ढ्य, व विसर्जक पदार्थाची जाडी, व पतन आणि विसर्जक किरणांची तिर्यकता, आणि शेवटीं उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाचें स्वरूप या कारणांनीं एकाच पदार्थांतही तिन्हीं शक्तींत फेरफार होतो.

शोषक आणि विसर्जक शक्तींमध्यें जो संबंध आहे, तो पुढील प्रयोगानें चांगला दाखवितां येतो. यांतील उष्णमान मापण्याचें यंत्र एक प्रकारचें अंतरदर्शक उष्णमापकच आहे (आ० २१ पहा). कांचेच्या फुग्याच्या जागीं **ब**



अ हा एक धातूच्या पत्र्याचाच डबा असून त्यांत गरम पाणी भरतां येतें. **ब** आणि **अ** या डब्यांच्या उजवीकडच्या बाजू काजळानें मढविलेल्या आहेत. आणि **क** व **अ** यांच्या ज्या बाजू डावीकडे आहेत, त्या चकचकीत व जिल्हईदार आहेत. यामुळें समोरासमोरच्या २ बाजूंपैकीं एक बाजू काळी व दुसरी चकचकीत अशा आहेत. ह्मणून **अ** डबा गरम पाण्यानें भरला, ह्मणजे **अ**ची चकचकीत बाजू **ब**च्या काळ्या बाजूकडे उष्णता विसर्जित करिते; आणि **अ**ची काळी बाजू **क**च्या पांढऱ्या चकचकीत बाजूकडे उष्णता विसर्जित करिते. असें झालें ह्मणजे वांकड्या नळींतील द्रव हालत नाहीं. यावरून **ब** आणि **क** या दोन्ही डब्यांतील हवेचें उष्णमान सारखें राहतें, असें सिद्ध होतें. **अ** डब्याच्या काळ्या बाजूची जरी विसर्जकशक्ति फार आहे, तरी त्याच मानानें **क**ची शोषकशक्ति कमी आहे. तसेंच **अ**च्या पांढऱ्या बाजूची विसर्जकशक्ति कमी आहे, तथापि त्याच मानानें **ब**च्या काळ्या बाजूची शोषकशक्ति जास्त आहे. या कारणानें दोहों डब्यांचें उष्णमान सारखें राहतें.

परंतु मधला डबा फिरवून दोन्ही काळ्या बाजू व दोन्ही चकचकीत बाजू एकमेकांकडे केल्या, तर द्रव लागलाच हालतो.

नेहमीं असें समजतात कीं, पृष्ठभाग जसा जिल्हईदार व चकचकीत असेल, त्या मानानें त्याची परावर्तक शक्ति वाढते; व दुसऱ्या शक्ति कमी होतात. तथापि जिल्हईदार धातूच्या पृष्ठभागावर चरे पाडल्यानें कधीं कधीं त्याची परा-

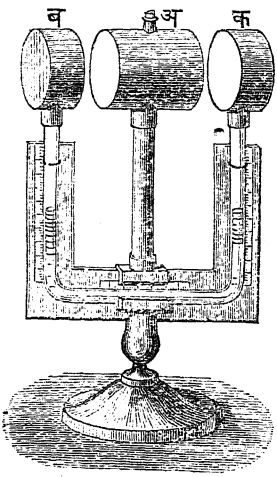
असला, तर त्याची आंतील बाहेरील सजातीयता किंवा सारखेपणा या कृतीनें नाहींसा होऊन आंतल्यापेक्षां पृष्ठभागावर त्याचे अणु अधिक निकट येतात; व तेणेंकरून त्याची परावर्तकशक्ति वाढते. परंतु पृष्ठभागावर चरे पाडून त्यास खरबरीत केलें, ह्मणजे आंतील कमी दार्ढ्याचे भाग उघडे होतात; व तेणेंकरून परावर्तकशक्ति कमी होते. तथापि पत्र्यावर ठोकून त्यास सारखें केलेलें नसलें, आणि तो पत्रा सर्वत्र सजातीय असला, तर त्या पत्र्यास चरे पाडून खरबरीत केल्यानें त्याची परावर्तकशक्ति वाढते. कारण येणेंकरून पृष्ठभागीं चऱ्यांनीं दार्ढ्य वाढतें.

पतनकिरणांच्या कलाप्रमाणें ह्मणजे तिर्यकतेप्रमाणें शोषकशक्ति भिन्नभिन्न असते. पतनकिरण लंबदिशेंत पडले ह्मणजे शोषकशक्ति अत्यंत असते. लंब-दिशेपासून ज्या मानानें पतनकिरण वळलेले असतील, त्या मानानें शोषकशक्ति कमी कमी होते. हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत सूर्यापासून आपणास उष्णता जास्त मिळते. याचें कारण उन्हाळ्यांत सूर्याचे किरण लंब किंवा लंबापासून थोडे वळलेले असतात, हें एक असतें.

वायुरूपी पदार्थ ज्वलन पावत असतां त्याची विसर्जकशक्ति फार थोडी असते. हैद्रोजनाच्या किंवा **बनसेन**च्या दिव्याच्या ज्योतीचें उष्णमान फार उच्च असतें. तरी त्याजवळ उष्णमापकाचा फुगा धरिला, तर उष्णमान फार चढत नाहीं. परंतु या ज्योतींत प्लाटिनम धातूच्या तारेचें वेटाळें धरिलें, तर त्याचें उष्णमान ज्योतीइतकें होतें व त्याजवळ उष्णमापक धरिल्यास उष्णमान पुष्कळ वाढतें. कारण त्यापासून जास्त उष्णता विसर्जित होते. साध्या तेलाच्या किंवा राकेल तेलाच्या दिव्याच्या अगर खनिज कोळशांच्या धुराच्या दिव्याच्या ज्योतीपासून हैद्रोजनाच्या दिव्याच्या ज्योतीपेक्षां जास्त उष्णता विसर्जित होते. याचें कारण त्यांतील वेगळे झालेले कार्बानाचे कण आरक्तोष्ण किंवा शुभ्रोष्ण स्थितींत असतात हें होय.

उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाच्या धर्मांप्रमाणें व स्वरूपाप्रमाणेंही पदार्थांची

आ० २१.




आणि क हे दोन जिल्हईदार पत्र्याचे डबे आहेत. या दोहोंस रंगित द्रव असलेल्या वांकड्या नळीनें जोडलें आहे. ब आणि क या दोन डब्यांमध्यें अ हा एक धातूच्या पत्र्याचाच डबा असून त्यांत गरम पाणी भरतां येतें. ब आणि अ या डब्यांच्या उजवीकडच्या बाजू काजळानें मढविलेल्या आहेत. आणि क व अ यांच्या ज्या बाजू डावीकडे आहेत, त्या चकचकीत व जिल्हईदार आहेत. यामुळें समोरासमोरच्या २ बाजूंपैकीं एक बाजू काळी व दुसरी चकचकीत अशा आहेत. ह्मणून अ डबा गरम पाण्यानें भरला, ह्मणजे अची चकचकीत बाजू बच्या काळ्या बाजूकडे उष्णता विसर्जित करिते; आणि अची काळी बाजू कच्या पांढऱ्या चकचकीत बाजूकडे उष्णता विसर्जित करिते. असें झालें ह्मणजे वांकड्या नळींतील द्रव हालत नाहीं. यावरून ब आणि क या दोन्ही डब्यांतील हवेचें उष्णमान सारखें राहतें, असें सिद्ध होतें. अ डब्याच्या काळ्या बाजूची जरी विसर्जकशक्ति फार आहे, तरी त्याच मानानें कची शोषकशक्ति कमी आहे. तसेंच अच्या पांढऱ्या बाजूची विसर्जकशक्ति कमी आहे, तथापि त्याच मानानें बच्या काळ्या बाजूची शोषकशक्ति जास्त आहे. या कारणानें दोहों डब्यांचें उष्णमान सारखें राहतें.

परंतु मधला डबा फिरवून दोन्ही काळ्या बाजू व दोन्ही चकचकीत बाजू एकमेकांकडे केल्या, तर द्रव लागलाच हालतो.

नेहमीं असें समजतात कीं, पृष्ठभाग जसा जिल्हईदार व चकचकीत असेल, त्या मानानें त्याची परावर्तक शक्ति वाढते; व दुसऱ्या शक्ति कमी होतात. तथापि जिल्हईदार धातूच्या पृष्ठभागावर चरे पाडल्यानें कधीं कधीं त्याची परा-

वर्तकशक्ति कमी होते, व कधीं कधीं वाढते, असें **मेलोनी** यानें सिद्ध केलें आहे. असें होण्याचें कारण त्यानें असें बसविलें आहे कीं, परावर्तक पृष्ठभागाचें दार्ढ्य जास्त कमी झाल्यानें असें घडतें. पत्रा जर आरंभीं हातवड्यानें ठोकलेला असला, तर त्याची आंतील बाहेरील सजातीयता किंवा सारखेपणा या कृतीनें नाहींसा होऊन आंतल्यापेक्षां पृष्ठभागावर त्याचे अणु अधिक निकट येतात; व तेणेंकरून त्याची परावर्तकशक्ति वाढते. परंतु पृष्ठभागावर चरे पाडून त्यास खरबरीत केलें, म्हणजे आंतील कमी दार्ढ्याचे भाग उघडे होतात; व तेणेंकरून परावर्तकशक्ति कमी होते. तथापि पत्र्यावर ठोकून त्यास सारखें केलेलें नसलें, आणि तो पत्रा सर्वत्र सजातीय असला, तर त्या पत्र्यास चरे पाडून खरबरीत केल्यानें त्याची परावर्तकशक्ति वाढते. कारण येणेंकरून पृष्ठभागीं चऱ्यांनीं दार्ढ्य वाढतें.

पतनकिरणांच्या कलाप्रमाणें म्हणजे तिर्यकतेप्रमाणें शोषकशक्ति भिन्नभिन्न असते. पतनकिरण लंबदिशेंत पडले म्हणजे शोषकशक्ति अत्यंत असते. लंबदिशेपासून ज्या मानानें पतनकिरण वळलेले असतील, त्या मानानें शोषकशक्ति कमी कमी होते. हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत सूर्यापासून आपणास उष्णता जास्त मिळते. याचें कारण उन्हाळ्यांत सूर्याचे किरण लंब किंवा लंबापासून थोडे वळलेले असतात, हें एक असतें.

वायुरूपी पदार्थ ज्वलन पावत असतां त्याची विसर्जकशक्ति फार थोडी असते. हैड्रोजनाच्या किंवा **बनसेन**च्या दिव्याच्या ज्योतीचें उष्णमान फार उच्च असतें. तरी त्याजवळ उष्णमापकाचा फुगा धरिला, तर उष्णमान फार चढत नाहीं. परंतु या ज्योतींत प्लाटिनम धातूच्या तारेचें वेटाळें धरिलें, तर त्याचें उष्णमान ज्योतीइतकें होतें व त्याजवळ उष्णमापक धरिल्यास उष्णमान पुष्कळ वाढतें. कारण त्यापासून जास्त उष्णता विसर्जित होते. साध्या तेलाच्या किंवा राकेल तेलाच्या दिव्याच्या अगर खनिज कोळशांच्या धुराच्या दिव्याच्या ज्योतीपासून हैड्रोजनाच्या दिव्याच्या ज्योतीपेक्षां जास्त उष्णता विसर्जित होते. याचें कारण त्यांतील वेगळे झालेले कार्बोनाचे कण आरक्तोष्ण किंवा शुभ्रोष्ण स्थितींत असतात हें होय.

उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाच्या धर्माप्रमाणें व स्वरूपाप्रमाणेंही पदार्थांची

उत्पत्तिस्थान कोणतेंही असलें, तरी काजळ मात्र सारख्या परिमाणाची उष्णत नेहमीं शोषण करितें.

**२३. भिन्नभिन्न जातीच्या उष्णता, उष्णतेच्या संबंधानें पदार्थांची पारवाहकताः**—ज्याप्रमाणें प्रकाशाच्या किरणांस आपल्यांतून पार जाऊं देण्याची शक्ति निरनिराळ्या पदार्थांत भिन्नभिन्न मानानें असते, व त्यावरून त्यांस जास्त किंवा कमी पारदर्शक असें आपण ह्मणतों (क० ३११) त्याचप्रमाणें आलीकडील शोधांवरून असें समजलें आहे कीं, सर्व पदार्थ आपल्या मधून उष्णतेच्या किरणांस सारख्या मानानें पार जाऊं देत नाहींत ह्मणून त्यांस उष्णतेच्या संबंधानें जास्त किंवा कमी **पारवाहक** असें ह्मणतात धातु हे प्रकाशाच्या किरणांस जसे **अपारदर्शक** असतात, तसे उष्णतेच्या किरणांसही **अपारवाहक** असतात. कांचेसारख्या रंगहीन व पारदर्शक पदार्थांतून जसे प्रकाशाचे किरण पार जातात, तसे सैंधवांतून उष्णतेचे किरण पार जातात. ह्मणजे सैंधव उष्णतेच्या संबंधानें पूर्ण **पारवाहक** आहे.

भिन्न भिन्न उत्पत्तिस्थानांपासून आलेल्या उष्णतेच्या संबंधानें एकाच पदार्थाची भिन्नभिन्न मानानें पारवाहकता असते. उदाहरणार्थ रंगहीन कांचेतून सूर्याचे उष्ण किरण सहज पार जातात. दिव्यापासून किंवा दुसऱ्या शुभ्रोष्ण पदार्थापासून आलेले किरण कमी मानानें त्यांतून पार जातात. कढत्या पाण्याच्या डब्यापासून निघालेले उष्णतेचे अदृश्य किरण याहून कमी मानानें कांचेंतून पार जातात (क० २१७). पाण्यांतून सूर्याचे उष्ण किरण अंशतः पार जातात. परंतु अदृश्य किरण मुळींच जात नाहींत. प्रकाशाच्या संबंधानें तुरटी रंगहीन व पारदर्शक आहे. ह्मणजे तिजमधून प्रकाशाचे किरण पार जातात. परंतु उष्णतेचे अदृश्य किरण मुळींच पार जात नाहींत.

जो पदार्थ प्रकाशास अपारदर्शक असतो, तो कित्येक जातींच्या उष्णतेच्या किरणांस पारवाहक असूं शकतो. कार्बानच्या द्विसल्फाइडांत आयोडीन वि-

द्रुत करून केलेला द्रव प्रकाशास अगदीं अपारदर्शक असतो. परंतु त्यांतून उष्णतेचे अदृश्य किरण सहज पार जातात.

पदार्थांची उष्णतेविषयीं पारवाहकता कशी असते, याविषयीं प्रयोग करण्यास **मेलोनी** यानें उष्णताजन्य विद्युन्मालेचा व विद्युन्मापकाचा उपयोग केला होता. त्यांचें वर्णन पुस्तक ८ प्रकरण १३ यांत पुढें केलें आहे. उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानापासून कांहीं अंतरावर उष्णताजन्य विद्युन्माला **मेलानीनें** ठेविली, आणि तेणेंकरून विद्युन्मापकाचा कांटा किती स्थानापन्न होतो तें पाहिलें. नंतर कांच, तुरटी, सैंधव अशा अनेक पदार्थांचे पत्रे मध्यें ठेवून मालेवर किती उष्णता कमी पडते, व मापकाच्या कांट्यावर किती कमी कार्य घडतें, तें त्यानें पाहिलें. त्याचप्रमाणें सूर्य, तेलाचा दिवा, मद्यार्काचा दिवा, प्लाटिनमच्या तारेचें आरक्तोष्ण वेटाळें, काळा केलेला धातूचा उष्ण पत्रा, व ऊन पाण्यानें भरलेला डबा, अशीं निरनिराळीं उष्णतेचीं उत्पत्तिस्थानें त्यानें घेतलीं; आणि प्रयोग करून असें अनुमान काढिलें कीं, निरनिराळ्या जातीचे किंवा रंगाचे उष्णतेचे किरण असतात; आणि त्यांचें वर्तन निरनिराळ्या पारवाहक पदार्थांशीं भिन्न भिन्न घडतें. निरनिराळ्या जातींच्या प्रकाशांचें रंगित पारदर्शक पदार्थांशीं जसें भिन्न रीतीनें वर्तन घडतें, तसाच प्रकार उष्णतेचाही घडतो. जेव्हां शुभ्रप्रकाश लाल कांचेंतून जातो, तेव्हां फक्त लाल किरण मात्र पार जातात. बाकी इतर रंगांच्या प्रकाशांचे किरण शोषले जातात. तांबड्या कांचेंतून बाहेर आलेला हा रंगित प्रकाश दुसऱ्या तांबड्या रंगित कांचेवर पडला, तर तो जशाचा तसाच पार जातो. परंतु तो निळ्या कांचेवर पडला तर पूर्णपणें शोषला जातो. असेच परिणाम उष्णतेच्या किरणांचेही घडतात. जे उष्णतेचे किरण कांचेच्या पत्र्यांतून पार जातात ते पुनः दुसऱ्या कांचेच्या पत्र्यांतून निःशक्त न होतां ह्मणजे अगदीं शोषले न जातां जशाचे तसेच पार जातात. परंतु एका कांचेच्या पत्र्यांतून पार गेलेले उष्णतेचे किरण तुरटीच्या पत्र्यावर पाडले, तर ते बहुतेक पूर्णपणें शोषले जातात.

**२४. व्यावहारिक उपयोगः**—पदार्थांच्या अंगीं उष्णतेस शोषण करण्याचा, विसर्जन करण्याचा व परावर्तन करण्याचा जो धर्म आहे, त्याचा व्यवहारांत व कलाकौशल्यांत अनेक ठिकाणीं उपयोग होतो. मागें असें सिद्ध

करण्यांत आलें कीं, पांढरे पदार्थ उष्णतेचें चांगलें परावर्तन करितात, व थोड्या उष्णतेस शोषण करितात; आणि काळे पदार्थ बहुतेक उष्णतेस शोषण करितात, व त्यांपासून फार थोड्या उष्णतेचें परावर्तन होतें, असा सिद्धांत **लेस्ली** यानें प्रयोगावरून ठरविला. परंतु त्याच्या ह्मणण्याप्रमाणें हा नियम सर्वदा लागू पडत नाहीं. उदाहरणार्थ सफेत्याच्या अंगीं काजळाइतकी उष्णतेच्या अदृश्य किरणांस शोषण करण्याची मोठी शक्ति असते. परंतु कपडे, कापूस, लोंकर व दुसरे सेंद्रिय पदार्थ यांवर सूर्याच्या किरणांसारखे दृश्य उष्णतेचे किरण पडतात, तेव्हां हे पदार्थ वर सांगितल्या नियमाप्रमाणें त्यांस शोषण करितात. ह्मणूनच उन्हाळ्यांत पांढऱ्या रंगाचेच कपडे वापरण्यास उत्तम असें अनुभवानेंही सिद्ध झालें आहे. कारण पांढरे कपडे काळ्या कपड्यांपेक्षां थोड्या उष्णतेस शोषण करितात. ह्मणून ते न तापतां थंड राहतात.

चकचकीत व जिल्हईदार लोखंडाचीं हत्यारें विस्तवाजवळ असलीं तर तीं थंड राहतात. परंतु लोखंडी चूल काळी झालेली असते, ती अतिशय उष्ण होते. पाणी किंवा दुसरा द्रव गरम राहण्याकरितां त्यास चकचकीत व जिल्हईदार धातूच्या भांड्यांत ठेवावें लागतें. कारण अशा भांड्याची विसर्जकशक्ति कमी असल्यामुळें त्यांतील द्रव सावकाश शीत होतो. याकरितांच आगगाडीच्या यंत्रांत वाफ नेण्याच्या नळ्याही चकचकीत व जिल्हईदार असल्यानें फायदा होतो.

बर्फ हा मोठा शक्तिमान् परावर्तक पदार्थ आहे. ह्मणून बर्फ फार उष्णतेस शोषण करीत नाहीं. याच्या अल्प विसर्जकशक्तीमुळें बर्फ केव्हांही ज्या जमिनीवर व ज्या झाडांवर पडतें, त्यांचें थंडीपासून रक्षण होतें. याच्या अल्पशोषकशक्तीमुळें तें सावकाश वितळतें. परंतु हिमांत किंवा बर्फांत झाडाची फांदी किंवा धातूची कांब अगर एकादा दगड सांपडला असला, तर हे पदार्थ उष्णताशोषण व विसर्जन करणारे असल्यामुळें त्यांच्या योगानें हिम व बर्फ लौकर वितळतें. आल्पूस पर्वतावर तेथील पहाडी लोक कोणत्याही ठिकाणचें बर्फ किंवा हिम लौकर वितळण्याकरितां त्यावर माती पसरतात; व येणेंकरून त्याची शोषकशक्ति वाढते.

स्वयंपाक करण्याचीं व पाणी तापविण्याचीं धातूचीं व मातीचीं भांडीं बाहे-

रुप्याच्या भांड्यांत व पांढऱ्या चिनी मातीच्या भांड्यांत पाणी तापविण्यास जास्त उष्णता लागते. मिना न केलेल्या अशा साध्या मातीच्या भांड्यांत द्रव लवकर उष्ण होतात; परंतु ते त्यांत लवकर थंडही होतात. ह्मणूनच चहा करितां काळ्या व खरबरीत भांड्यांत पाणी कढवून पांढऱ्या व चकचकीत भांड्यांत चहा वर ओतून चहा तयार करितात.

काळसर व मळकट भिंतीच्या शेजारीं द्राक्षें व दुसरीं फळें ठेविलीं असतां लवकर पिकतात. कारण भिंतीची विसर्जक व शोषकशक्ति फार असल्यामुळें सूर्याच्या उष्णतेनें काळी भिंत लौकर तापली जाऊन फळांस पुष्कळ उष्णता विसर्जित करिते. शेगडींतील विस्तवाची उष्णता व मोठमोठ्या दिव्यांची उष्णता चोहोंकडे पसरू नये ह्मणून त्यांजवर कांचेच्या तावदानी चौकटी घालितात. येणेंकरून विस्तवाचा किंवा दिव्याचा मजेदार प्रकाश कांचेंतून चोहोंकडे पडतो; आणि बरीच उष्णता कांच शोषण करिते; व चोहोंकडे पसरूं देत नाहीं. मात्र विस्तवापासून किंवा दिव्यापासून उष्णतेचे जेवढे अदृश्य किरण फांकतात तेवढ्यांस मात्र कांच शोषण करिते, व बाकीच्यांस पार जाऊं देते. सूर्यापासून जी उष्णता आपणास विसर्जनानें मिळते, ती पहिल्या वर्गांतील असते; ह्मणजे ते किरण दृश्य असतात. तिला पृथ्वीनें शोषण केल्यावर सूर्यास्तानंतर जी पृथ्वीपासून उष्णता विसर्जित होते, ती अदृश्य असते. ह्मणून ती कांचेतून पार जाऊं शकत नाहीं. याकरितांच उष्णकटिबंधांतील झाडें वाढविण्याकरितां थंड देशांत कांचेचीं घरें केलेलीं असतात. या घरांत सूर्याचे किरण कांचेतून आंत जाऊन जमीन व झाडें यांकडून शोषले जातात. परंतु सूर्य मावळल्यावर जमीन व झाडें यांपासून जे उष्णतेचे तेजोहीन किरण विसर्जित होतात, त्यांस कांच अडवून धरिते, व येणेंकरून तेथील झाडांस बाहेरील कडक थंडी बाधत नाहीं. याचप्रमाणें कांचेच्या छपराच्या घरांतही रात्रीच्या वेळीं फार गरमी होते.

पाऱ्याच्या उष्णमापकाचा फुगा काजळानें मढवून काळा केला असतां साध्या

चकचकीत कथलाच्या पत्र्यावर गोलभिंगांतून सूर्याचे किरण केंद्रांत आणिले, तर त्या ठिकाणीं तो पत्रा मुळींच वितळणार नाहीं; आणि कांहीं वितळलाच तर फार प्रयासानें वितळेल. परंतु तोच पत्रा काजळानें काळा केला, व त्यावर गोल भिंगांतून किरण पाडविले, तर तो केंद्रांत तत्काळ वितळेल.

---

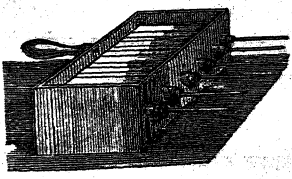
# प्रकरण ४.

## पदार्थांची उष्णतावाहकशक्ति.

**२५. घनपदार्थांची वाहकशक्तिः**—उष्णतेच्या विसर्जनाविषयीं जो मागें विचार केला, त्यांत एका पदार्थांतील उष्णता दुसऱ्या पदार्थांत दोहोंमधील अवकाशांतून गेली, आणि ज्या अवकाशांतून ती गेली, त्याचें उष्णमान तिच्या योगानें वाढलें नाहीं. परंतु उष्णता पदार्थांच्या पिंडांत एका कणापासून दुसऱ्या कणांतही याप्रमाणें जाऊं शकते. पदार्थांच्या पिंडांत एका कणापासून दुसऱ्या कणास याप्रमाणें जें हें आंतल्या आंत उष्णतेचें गमन होतें, त्यास त्या पदार्थांची **वाहकता** किंवा **वाहकशक्ति** असें ह्मणतात. ज्या पदार्थांच्या पिंडांत अशी उष्णता जलद वाहते, त्यांस **शीघ्रवाहक** ह्मणतात, आणि ज्यांमध्यें मंद रीतीनें वाहते त्यांस **मंदवाहक** ह्मणतात.

भिन्न भिन्न घन पदार्थांच्या वाहकशक्तींची तुलना करण्यासाठीं **इंजेनहौस** यानें (आकृति २२) मध्यें दाखविलेलें यंत्र तयार केलें होतें. यांत एक चौकोनी धातूच्या पत्र्याची पेटी असून तिच्या एका बाजूच्या पत्र्यांत पांचसहा लहान लहान नळीचे तुकडे बसवून भोंकें ठेविलीं आहेत. या नळ्यांत बुचाच्या योगानें लो-

आ० २२.



हें मेण ६१° श या उष्णमानावर वितळतें. या पेटींत कढत पाणी भरलें म्हणजे असें दिसून येतें कीं, धातूंच्या गजांवरील बऱ्याच अंतरापर्यंत मेण वितळलें, तरी लांकूड व कांच यांच्या गजांवरील मेणाचा लेशही वितळलेला नसतो. ज्या मानानें जास्त लांब मेण वितळलें जाईल, त्या प्रमाणांत वाहकशक्ति असेल हें उघड आहे. ज्यापेक्षां धातूंच्या गजावरील जास्त मेण वितळलें आहे, त्यापेक्षां त्यांची उष्णतावाहकशक्ति लांकूड व कांच यांपेक्षां जास्त असली पाहिजे. कधीं कधीं गजांस कांचेच्या किंवा संगमरवरी दगडाच्या लहान लहान गोट्या मेणानें चिकटवूनही प्रयोग करितात. उष्णतेच्या वहनानें मेण वितळून गोट्या पडतात, आणि हेंही त्यांच्या वाहकशक्तींच्या क्रमानें घडतें. या व दुसऱ्या प्रयोगांवरून असें सिद्ध झालें आहे कीं, धातु हे उत्कृष्ट वाहक आहेत, आणि संगमरवर, चिनी मातीचीं भांडीं, विटा, लांकूड, कांच हे मंद किंवा निकृष्ट वाहक आहेत.

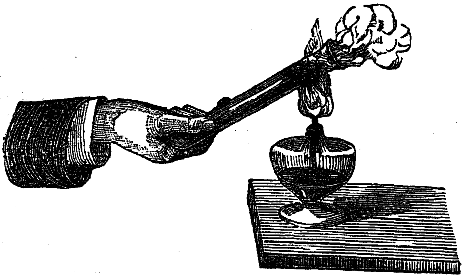
सेंद्रिय पदार्थ उष्णतेचे मंदवाहक असतात. लांकडांत त्याच्या तंतूंच्या दिशेंत उष्णतेचें चांगलें वहन होतें. परंतु आडवें चांगलें वहन होत नाहीं झाडाच्या आडव्या दिशेंत उष्णतेचें मंद वहन होत असल्यामुळें उष्णमानांत जे एकाएकीं फेरफार होतात, त्यांपासून झाडांचा बचाव करण्यास फार उपयोग होतो. यामुळेंच झाडांतील उष्णता एकाएकीं बाहेर जाण्यास आणि बाहेरील उष्णतेचा झाडांत एकाएकीं प्रवेश होण्यास यापासून फार प्रतिबंध होतो. आंतील लांकडापेक्षां बाहेरच्या सालीची वाहकशक्ति जास्त कमी असते, तेणेंकरूनही वरील क्रियेस मदत होते. कापूस, लोंकर, गवत, भुसा वगैरे हलके पदार्थही मंदवाहक असतात.

**२६. द्रवांची वाहकशक्ति, द्रवांस उष्ण करण्याची रीतिः**—सर्व द्रव उष्णतेचे मंदवाहक आहेत. पारा हा धातु असून तो द्रवरूपांत असतो. तरी इतर धातूंप्रमाणें हा शीघ्रवाहक आहे. द्रवांतून उष्णतेचें वहन इतकें कमी होतें कीं **रंफोर्ड**सारख्या चौकस मनुष्यानेंही

... करण्यांत आली आहे.

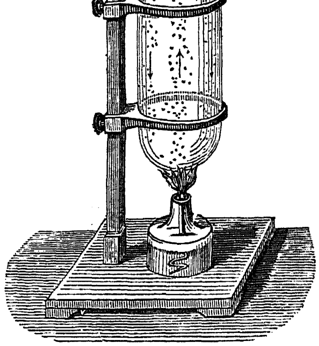
त्यांच्या मंदवाहकत्वामुळें द्रवांस घनपदार्थांप्रमाणें उष्ण करितां येत नाहीं. घनपदार्थास तळाशीं, माथ्याशीं, किंवा बाजूंशीं कोठेंही उष्ण केलें, तरी उष्णता एका कणापासून दुसऱ्या कणास व एका थरापासून दुसऱ्या थरास पोंचून सर्व पदार्थ उष्ण होतो. अशी गोष्ट द्रवांची घडत नाहीं. द्रवांस जर माथ्याजवळ उष्ण केलें, तर फारच सावकाश उष्णता खालीं जाते, आणि सर्व द्रवास या रीतीनें पूर्णपणें कधीं उष्ण करितां येत नाहीं. आ० २३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें जर प्रयोग

आ० २३.



केला, आणि नळींतील तोंडाजवळचें पाणी कढूं लागलें, तरी त्याच्या खालीं थोडेसें जें पाणी असतें तें अगदीं थंड असतें; आणि नळीच्या बुडावर पाण्यांत बर्फाचा खडा असला, तर तोही वितळत नाहीं. परंतु पाण्यास बुडाशीं उष्ण केलें, तर द्रवाचें उष्णमान जलद वाढतें. तथापि हें त्याच्या वाहकशक्तीमुळें घडतें असें नाहीं. तर सर्व द्रवांत चढणारे व उतरणारे जे प्रवाह उत्पन्न होतात, त्यांच्या योगानें द्रव उष्ण होतो.

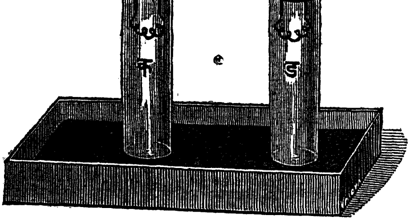
पाण्याएवढ्याच दाढ्यींचा लांकडाचा भुसा पाण्यांत घालून भांड्यास बुडाशीं सावकाश उष्ण करावें. ह्मणजे या प्रवाहांचें अस्तित्व सिद्ध करितां येतें (आ० २४ पहा). बुडाशीं असलेले द्रवाचे थर उष्ण होऊन प्रसरण



सल्यामुळें खालीं उतरून त्यांच्या जागीं येतात. हे पुनः उष्ण होऊन वर चढतात; आणि दुसरे थंड थर खालीं येतात. याप्रमाणें सर्व समुदाय उष्ण होतो. पाण्यांतील भुशाचे कण मधून वर चढून बाजूनें सावकाश खालीं उतरतात. यावरून प्रवाहांचें अस्तित्व उघड होतें. या उष्ण करण्याच्या रीतीस **प्रापण** असें ह्मणतात.

**२७. वायूंची वाहकशक्तिः**—वायु हे उष्णतेचे अत्यंत निकृष्टवाहक आहेत. परंतु त्यांच्या कणांच्या अत्यंत चलनशीलत्वामुळें प्रयोगानें हें सहज सिद्ध करितां येत नाहीं. कारण वायूंस कोणत्याही एका भागीं उष्ण केलें, तर तेथील वायूचें प्रसरण होऊन प्रवाह उत्पन्न होतात, व त्यामुळें उष्ण झालेले भाग थंड भागांत मिसळतात. ह्मणून सर्व वायूचें उष्णमान वाढतें, तें वाहकत्वामुळें कदाचित् असेल असें वाटण्यास जागा होते. परंतु वस्तुतः हें उष्णमान प्रापणानें वाढतें. तथापि वायूंस गति मिळण्यास प्रतिबंध करितां येतो, तेव्हां त्यांची वाहकता अत्यंत कमी असते, असें पुढील कलमांत दिलेल्या अनेक उदाहरणांवरून उघड होईल.

भिन्न भिन्न वायूंच्या उष्णतावाहकशक्तींत अंतर असतें हें पुढील प्रयोगावरून दिसून येतें. **अ** आणि **ब** हीं दोन समान आकाराचीं व समान द्रव्याचीं भांडीं पाण्याच्या दोणींत उभीं आहेत (आ० २५). यांपैकीं एकांत हवा आहे, व दुसऱ्यांत हैड्रोजनवायु आहे. प्रत्येक भांड्याच्या झांकणांतून तांब्याच्या जाड तारांचे तुकडे दोन दोन वांकवून भांड्यांत सोडलेले आहेत; व त्यांच्या टोंकांस भांड्यांत प्लाटिनम धातूच्या बारिक तारेचे **क, ड** हे तुकडे जोडलेले आहेत. या तारांचीं बाहेरचीं टोंकें विद्युन्मालेच्या ध्रुवांस जोडिलीं,



करण्याचा धर्म असतो; आणि जशी तार अधिक बारिक असेल, त्याप्रमाणें तिचें उष्णमान जास्त वाढतें. दोन्ही कुप्यांतील तारांत प्रवाह सोडल्यानें असें आढळून येईल कीं, हवेंतील तार आरक्तोष्ण होते, परंतु हैद्रोजनांतील मंदोष्ण राहते. प्रवाहाच्या गमनानें जी उष्णता उत्पन्न होते, ती दोहोंत सारखीच असते. कारण दोन्ही तारा अगदीं एकासारख्या एक आहेत. याकरितां उष्ण होण्यांत जें अंतर पडलें, तें केवळ हवेपेक्षां हैद्रोजनांत वहनानें जास्त लौकर उष्णता पसरल्यामुळें होय, यामुळें हैद्रोजन हवेपेक्षां उष्णतेचा चांगला वाहक आहे.

**२८. व्यावहारिक उपयोगः**—पदार्थांच्या जास्त किंवा कमी उष्णतावाहकशक्तीचा व्यवहारांत अनेक ठिकाणीं उपयोग आढळतो. एखाद्या भांड्यांतील द्रव फार वेळ उष्ण रहावा अशी अपेक्षा असेल तेव्हां लांकडाचा चुरा, गवत व लांकडी कोळशाचे तुकडे अशा अवाहक पदार्थांत त्यास बांधतात. बर्फ किंवा हिम पडण्याची वेळ आली, ह्मणजे याकरितां पाण्याच्या व बंबाच्या नळ्यांस गवतानें बांधितात. पदार्थ उष्ण होऊं नये ह्मणूनही याच साधनांचा उपयोग करितात. बुरणुसाच्या किंवा फलालीनच्या कपड्यांत बांधून अगर भुसाच्या पेट्यांत घालून व बांधून दूर ठिकाणीं उन्हाळ्यांत बर्फ पाठवितात.

उष्ण प्रदेशांत बर्फाचे ढिगाचे ढीग ठेवण्याकरितां जीं घरें करितात, त्यांस जाड फळ्यांच्या दुहेरी भिंती बांधून दोहों फळ्यांमध्यें लांकडाचा भुसा, कोरडा पाचोळा, मालेण गवत, वगैरे सच्छिद्र पदार्थ भरतात; व अशा घरांतील पदार्थांमध्यें उष्णता चांगली राहते, व त्या पेट्यांत बाहेरील उष्णताही जात नाहीं. अशा पेट्यांत बर्फ न वितळतां चांगलें राहतें. **आसबेस्टोस** या

लामुखींतून धातु व पाषाण यांचा जो रस बाहेर येतो, तो राखेच्या थरावरून वाहत असला तर त्या खालील बर्फाचा थर राखेच्या मंदवाहकत्वामुळें वितळत नाहीं. थंड देशीं जें पावसासारखें हिम पडतें, त्याच्या सच्छिद्रतेमुळें, बीं व कोंवळे दाणे यांवर पडले असतां तें बर्फ थंडीपासून दाण्यांचा बचाव करितें. अग्नीचा प्रवेश होऊं नये म्हणून ज्या लोखंडी पेट्या केलेल्या असतात, त्यांच्या पोकळ जागा लांकडी राखेनें, जिप्सम दगडाच्या पुडीनें, अगर भाजलेल्या तुरटीच्या पुडीनें भरलेल्या असतात.

जे गरम कपडे म्हणून आपण वापरतों, ते स्वत: गरम नसतात; परंतु त्यांच्या सच्छिद्र व रजोरूप घटनेमुळें, व त्यांच्या छिद्रांत जी हवा असते तिच्या मंदवाहकत्वामुळें, ते शरीरांतील उष्णतेस बाहेर जाण्यास प्रतिबंध करितात. वस्तुत: कपड्यांच्या मंदवाहकत्वामुळें शरीरांतील उष्णतेस बाहेर न जाऊं देण्याचा धर्म त्यांच्या अंगीं आलेला असतो. रूभरित अंगरखे, बुरणूस, कांबळीं, किंवा लोंकरीचीं ब्लांकेटें, रजया इत्यादिकांच्या योगानें जी गरमाई येते, तीही खुद्द या द्रव्यांच्या व त्यांतील हवेच्या मंदवाहकत्वामुळें होय. थंड देशांतील खोलींतील हवा गरम ठेवण्याकरितां दुहेरी खिडक्या लावितात; याचेंही कारण दोहों खिडक्यांमधील हवेच्या थराचें मंदवाहकत्वच होय. याचकारणाकरितां दुप्पट जाडीच्या कापडाची एकच बंडी घालण्यापेक्षां पातळ कापडाच्या दोन बंड्या घातल्यानें थंडीपासून जास्त बचाव होतो. लोम, लव, पर, यांचा गरमपणा त्यांतील हवेमुळेंच त्यांस आलेला असतो.

मातीच्या भांड्यापेक्षां तेवढ्याच जाडीच्या धातूच्या भांड्यांत पाणी लवकर तापतें. जळतें कोलीत जळणाऱ्या भागापासून अगदीं जवळ हातांत धरितां येतें; परंतु लोखंडी पळी एका बाजूस आरक्तोष्ण झालेली असल्यास तेथून फार लांब अंतरावर मात्र हातांत धरितां येते. या सर्वांचीं कारणें त्यांच्या भिन्न वाहकत्वावरून सांगतां येतात.

एकाच ठिकाणीं असलेल्या कित्येक पदार्थांस हात लाविला, म्हणजे ते ऊन

किंवा थंड लागतात. त्याचेंही कारण विशेषेंकरून त्यांच्या वाहकशक्तीवर अवलंबून असतें. शीघ्रवाहक पदार्थ असला, आणि त्याचें उष्णमान शरीरापेक्षां कमी असलें, तर तो खरोखर असतो त्यापेक्षां जास्त थंड लागतो; कारण त्याच्या सुवाहकत्वामुळें आपल्या शरीरांतील उष्णता त्यांत जलद जाते. परंतु आपल्या शरीरापेक्षां त्याचें उष्णमान जास्त असलें तर तो पदार्थ फाजील गरम लागतो, याचें कारण तो आपल्यांतील उष्णता त्वरित शरीरास देतो; परंतु त्याच ठिकाणीं लांकडी किंवा लोंकरी पदार्थास हात लाविला तर अशी भूल पाडण्याजोगे ते पदार्थ आपणास गरम किंवा थंड लागत नाहींत. लांकडी तक्तपोशीपेक्षां सुती जाजम जास्त गरम वाटतें; व त्याहून लोंकरी गालीचा अधिक गरम लागतो; आणि दगडी फरशीपेक्षां लांकडी तक्तपोशी जास्त गरम वाटते; वगैरे सर्व प्रकार वाहकत्वाचे खेळ आहेत.

बुरणूस किंवा दुसरा जाड व सच्छिद्र लोंकरी कपडा याच्या मंदवाहकत्वाचा उपयोग **नार्वे** या अति थंड देशांत **स्टोव्ह** ( चुली ) करण्यास करितात. हा **स्टोव्ह** ह्मणजे एक लांकडी पेटी आंतून जाड बुरणूस व मोकळी लोंकर यांनीं मढवून केलेली असते. पेटीच्या मध्यभागीं एक पोकळी असते, तिजमध्यें शिजविण्याचें भांडें ठेवितात, व त्यावर झांकण असतें. या झांकणावर बुरणुसानें मढविलेलें घालण्याचें पेटीचें झांकण असतें. यामुळें ज्या भांड्यांत पाक करावयाचा तें भांडें फार मंदवाहक अशा वेष्टनानें मढविलेलें राहतें. पोकळींतील भांडें काढून त्यांत तांदूळ, डाळ, किंवा मांस आणि पाणी व मसाला घालून कढ येईपर्यंत बाहेर चुलीवर कढवितात. कढ आला ह्मणजे तें भांडें पेटींत घालून त्यावर झांकण घालतात व पेटीचें झांकणही घालून भांडें पेटींत तसेंच ठेवितात. येणेंकरून बाकी राहिलेली शिजण्याची क्रिया विस्तवाशिवाय चालते; आणि कांहीं तासांनीं पूर्ण होते. सभोंवतालच्या वेष्टणाच्या मंदवाहकत्वामुळें भांडें फार सावकाश शीत होतें; व सुमारें तीन तासांनीं भांड्याचें उष्णमान १०° **श** किंवा १५° **श** याहून जास्त उतरत नाहीं.

कोणत्याही पदार्थाशीं हाताचा जसा जास्त कमी निकट संबंध होईल ह्मणजे पदार्थास जसा हात जास्त कमी चिकटून राहील त्याप्रमाणें उष्णमानांतील अंतर जास्त होतें. खरबरीत पदार्थापेक्षां गुळगुळीत पदार्थास स्पर्श केला असतां

त्याचे थोडे भाग हातासन्निध येतात; आणि मंदवाहक कांच गुळगुळीत असल्यामुळें जास्त बिंदूंचा हातास स्पर्श होतो. पदार्थांस जसें दाबावें, त्याप्रमाणें दोहोंचा जास्त निकट संबंध होतो. रसरशीत कोळसा दाबला नाहीं तर त्यास सईल धरून बोटानें उचलतां येतें.

# प्रकरण ५.

## घन, द्रव, आणि वायु यांचें प्रसरण मापणें.

**२९. घन पदार्थांचें प्रसरणः**—उष्णतेनें पदार्थांचें प्रसरण होतें, हा उष्णतेचा साधारण परिणाम असून सर्व पदार्थांवर घडतो; व येणेंकरून त्यांचे आकार नेहमीं बदलत असतात. याकरितां हें प्रसरण किती घडतें, हें मापितां येणें ही गोष्ट शास्त्रदृष्ट्या व व्यवहारदृष्ट्या फार महत्वाची आहे. प्रथमतः घनपदार्थांचें प्रसरण कसें मापितात तें सांगूं. घनपदार्थ लांबीनें वाढतात व आकारमानानेंही वाढतात, असें मागें सांगितलें. ह्मणून घनपदार्थांच्या प्रसरणाचा विचार दोन रीतींनीं केला पाहिजे; ह्मणजे (१) ते लांबीनें किती वाढतात, आणि (२) आकारमानानें किती वाढतात, हें पाहिलें पाहिजे.

**लांबीचें प्रसरणः**—पदार्थांच्या प्रसरणाची तुलना करण्यासाठीं विवक्षित लांबीचा पदार्थ घेऊन त्याचें उष्णमान ०°**श**पासून १°**श**पर्यंत वाढविलें, तर त्याची लांबी किती वाढते तें पाहून त्या वाढीस लांबीचा प्रसरण गुणक असें ह्मणतात. गेल्या शतकाच्या अखेरीस **लाव्हाइझर** आणि **लाप्लेस** यांणीं अनेक प्रयोग करून पुष्कळ पदार्थांचे प्रसरणगुणक सूक्ष्म रीतीनें काढिले आहेत. ज्या पदार्थांचा प्रसरणगुणक काढणें असेल, त्यास वितळणाऱ्या बर्फांत ठेवून त्याची लांबी बरोबर रीतीनें मोजतात. नंतर त्यास कढत्या पाण्यांत ठेवून पुनः त्याची लांबी मोजतात. याप्रमाणें केल्यानें जी त्याची लांबी वाढते ती १००° **श** उष्णमान चढविल्यामुळें जें प्रसरण झालें त्यामुळें

० श आणि १०० श यांच्या दरम्यान १ अंशाचे लांबीचे प्रसरणगुणक.

| | |
|---|---|
| पांढरी कांच. ०·०००००८६१ | ब्रोंझी. ०·००००१८१६७ |
| प्लाटिनम. ०·००००००८८४ | पितळ. ०·००००१८७८२ |
| पोलाद. ०·००००१०७९ | रुपें. ०·००००१९०९७ |
| लोखंड. ०·००००१२२० | कथील. ०·००००२१७३० |
| सोनें. ०·००००१४६६ | शिसें. ०·००००२८५७५ |
| तांबें. ०·००००१७१८ | जस्त. ०·००००२९४१७ |

या कोष्टकावरून असें दिसून येईल कीं, सर्व प्रसरणगुणक फार लहान असे अपूर्णांक आहेत. तांब्याचा प्रसरणगुणक ०·००००१७ आहे, असें आपण ह्मणतों. तेव्हां आपल्या ह्मणण्याचा अर्थ असा असतो कीं, या धातूच्या कांबीस तिचें १° श उष्णमान चढण्यापुरतें उष्ण केलें तर ती आपल्या लांबीच्या ०·००००१७ पट लांबीनें वाढेल. किंवा १०,००,००० फूट लांब तांब्याची कांब असली आणि तिचें उष्णमान १° अंश शतभाग वाढविलें, तर ती १७ फूट जास्त लांब होईल.

**घनप्रसरण**— १ अंश उष्णमान वाढविल्यानें पदार्थाचें आकारमान ज्या प्रमाणानें वाढतें, त्या प्रमाणास **घनप्रसरणगुणक** ह्मणतात. गणित करून असें सिद्ध करण्यांत आलें आहे कीं, लांबीच्या प्रसरणगुणकाच्या तिप्पट घन पदार्थांचा घनप्रसरणगुणक असतो. ह्मणून वरील संख्यांस ३ नीं गुणून हे गुणक काढितां येतात.

**२०. घन पदार्थांच्या प्रसरणाचे व्यावहारिक उपयोग**— कलाकौशल्यामध्यें घनपदार्थांच्या प्रसरणाचा उपयोग केल्याचीं अनेक उदाहरणें आढळतात. (१) भट्यांस लाविलेल्या धातूंच्या कांबी दोहों बाजूंस गच्च न बसवितां एका टोंकाकडे तरी त्यांस प्रसरण पावण्यास वाव ठेवावा लागतो. असें न केलें तर त्या कांबी प्रसरण पावल्या ह्मणजे त्यांचा जोर इतका होतो कीं, प्रसरणानें भट्टीचें सर्व बांधकाम मोडतें. (२) आगगाडीचे रूळ बसवितांना जवळ

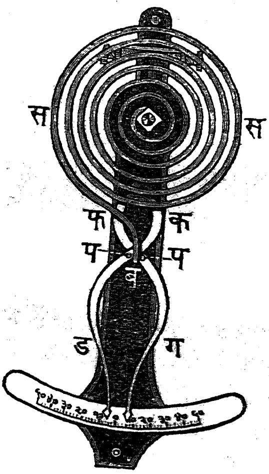
विलेले असतात, त्यांस मोडतील. (३) पाण्याचे नळ एकांत एक घालून बसवितात, यामुळें नळास प्रसरण पावण्यास एका बाजूस वाव रहातो. (४) कांचेस जर फार उष्ण किंवा शीत केलें तर ती फुटते. याचें कारण असें असतें कीं, कांच उष्णतेचा मंदवाहक असल्यामुळें कांचेच्या भांड्याच्या आंतील व बाहेरील बाजू सारख्या उष्ण होत नाहींत. ह्मणून बाहेरील व आंतील बाजू असमान प्रसरण पावतात. येणेंकरून जो ताण उत्पन्न होतो, त्यानें कांच फुटते.

पदार्थांस त्यांचें अति उच्च उष्णमान होईपर्यंत उष्ण केलें, तर त्यांस शीत केल्यानें जें त्यांचें आकुंचन होतें त्याचा जोर फार असतो. यांत्रिक साधनानें त्यांस आकुंचित करण्यास जितका जोर लागेल, तितका या आकुंचनाचा जोर असतो. तसेंच पदार्थ उष्ण होतांनाही त्यांच्या प्रसरणाचा जोर यांत्रिक साधनानें प्रसरण करण्यास जितका लागेल तितका असतो. एक चौरसइंच जाडीची घडीव लोखंडी कांब एक टन वजनानें ताणिली, तर तिची लांबी ०·००१ वाढते. इतकीच लांबी वाढण्यास तिचें उष्णमान ९° श चढवावें लागतें. विलायतेंत हिंवाळा व उन्हाळा या दोहों ऋतूंतील उष्णमानांत पुष्कळ वेळां ४५° श अंतर पडतें. एवढ्या उष्णमानानें १० इंच लांबीच्या घडीव लोखंडी कांबीची लांबी $\frac{१}{२००}$ इंच वाढेल आणि जर तिचीं दोन्ही टोकें गच्च बसविलेलीं असलीं, तर तिच्या प्रसरणामुळें ५ टन जोराचा ताण उत्पन्न होईल. लाल भडक लोखंड शीत होतांना आकुंचनामुळें जो त्याच्या अंगी जोर येतो, त्याचा उपयोग गाडीच्या चाकांवर धांवा गच्च बसविण्यासाठीं करितात. धांवेस लालभडक केलें ह्मणजे ती बरीच प्रसरण पावलेली असते; यामुळें ती चाकाच्या परिघावर सईल बसते. तिजवर पाणी ओतून तिला थंड केलें ह्मणजे ती चाकास अशा जोरानें आंवळून धरिते कीं, ती फक्त परिघावरच घट्ट बसते इतकेंच नाहीं, तर चाकाच्या आऱ्यांस तुंब्यांत व बांकांत गच्च बसविते. **पारिस** शहरीं एका इमारतीच्या दोन भिंती बाहेरच्या बाजूस झुकूं लागल्या होत्या, त्यांस आंतल्या बाजूस ओढण्याकरितां आकुंचनाच्या वेळीं जो

सोडून कांबीस दिव्यांनीं उष्ण केलें आणि जेव्हां कांबी प्रसरण पावल्या तेव्ह त्यांवरील चाक्या फिरवून त्यांस भिंतींवर गच्च बसविलें; नंतर कांबींस आपो आप थंड होऊं दिलें. थंड होतांना त्या आकुंचित झाल्या, आणि आकुंचि होतांना त्यांनीं दोहों भिंतींस आंतल्या बाजूस ओढिलें—हीच कृति राहिलेल्य दुसऱ्या कांबींवरही केली.

**३१. चक्राकार उष्णमापकः—हर्मन** आणि **फीस्टर** यांनीं एक प्रकारचें महत्तम व लघुत्तम उष्णमापक केलें आहे. त्याचें कार्य घनपदार्थांच्या प्रसरण व आकुंचनावरच अवलंबून आहे. एक यार्ड लांब, अर्ध इंचापेक्षां कमी रुंद आणि सुमारें $\frac{1}{20}$ इंच जाड अशी पोलादी पातळ पट्टी घेऊन तिला तेवढ्याच आकाराच्या पितळेच्या पट्टीवर बसविलें. पोलादी पट्टी बाहेरच्या अंगास ठेवून तिला गुंडाळून तिचें २६ आकृतींत दाखविल्यासारखें वेटाळें केलें. त्याचें आंतील टोंक उभ्या फळीवर पक्कें बसविलेलें असून दुसरें **ब** टोंक मोकळें आहे. कांहीं नियमित उष्णमानावर हें टोंक एका विशेष स्थानीं असतें. उष्णमान जर वाढलें तर आंतील पितळी पट्टी बाहेरील पोलादी पट्टीपेक्षां जास्त प्रसरण पावते. ह्मणून मोकळें **ब** शेवट डावीकडे सरतें, आणि उष्णमान उतरलें तर तें उजवीकडे सरतें.

आ० २६.

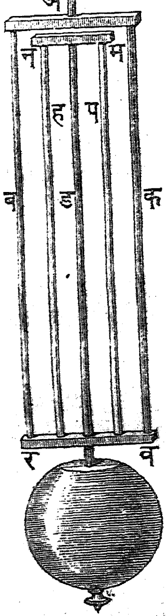



वेटाळ्याच्या टोंकाची ही गति **कड** आणि **फग** या दोहों दर्शकांस पोहोंचते. या दर्शकांवर **प प** हे दोन बारीक तारेचे तुकडे बसविलेले आहेत. उष्णमान वाढलें ह्मणजे **ब** टोंक डावीकडे सरल्यामुळें, डावीकडची **प** तार त्या पुढच्या **कड** दर्शकासुद्धां मह-

यंत्राच्या मानपट्टीवरील अंश पाऱ्याच्या उष्णमापकाशीं [illegible] लेले असतात.

**३२. समतोल आंदोलकः**—सर्व उष्णमानांवर समतोल रहाणारे आंदोलक करण्यासाठीं धातूच्या प्रसरणाचा फार महत्वाचा उपयोग करण्यांत आला आहे. असें करण्याचें कारण समजण्यासाठीं आंदोलकाविषयीं जें मागें सांगितलें त्याची पुनरावृत्ति केली पाहिजे (पू. भाग १ कलम ५९). आंदोलकांचीं आंदोलनें समकालीन असतात; ह्मणजे लहान मोठीं सर्व आंदोलनें समकालांत घडतात. याच धर्मामुळें घड्याळांतील चक्रांची गति नियमित ठेवण्यास याचा उपयोग करितात. परंतु असेंही आपण पाहिलें कीं, आंदोलनाचा काळ आंदोलकाच्या लांबीवर अवलंबून असतो. आंदोलक ह्मणजे त्याचा लंबक ज्या तारेस टांगला आहे ती तार लांब झाली, ह्मणजे तो सावकाश आंदोलन पावतो; आणि ती तार आंखूड झाली ह्मणजे जास्त जलद आंदोलन पावतो. ह्मणून आकृति ५८ मध्यें दाखविल्यासारखा एकाच तारेस **क** हा धातूचा लंबक जोडून केलेला आंदोलक असला, तर बरोबर नियमित काळ समजण्यास त्याचा उपयोग होणार नाहीं. कारण जसें उष्णमान वाढेल त्याप्रमाणें तो लांब होईल, आणि घड्याळ सावकाश चालेल; आणि उष्णमान उतरल्यामुळें तो आकुंचित होऊन घड्याळ जलद चालूं लागेल. साध्या आंदोलकांतील हा दोष काढून टाकण्याकरितां नेहमीं लांबी सारखी रहाण्याजोगे समतोल आंदोलक करितात.

याकरितां लंबक टांगण्याची तार एकच न घेतां आकृति २७ मध्यें दाखविल्यासारखी अनेक तारांची सांगड घेतात. यांतील **अड, क** आणि **ब** या तारा पोलादाच्या असून वरच्या आडव्या पट्ट्यांस पक्क्या जोडलेल्या आहेत; आणि उष्णमान वाढलें ह्मणजे फक्त खालच्या दिशेस मात्र प्रसरण होण्यास त्यांस मोकळें ठेविलें आहे. याकरितां या तारा प्रसरण पावून लांब झाल्या

**प** या पितळेच्या तारा [illegible]



वरचीं टोंकें **मन** पट्टीस टेंकलेलीं आहेत. ह्मणून **ह, प** पितळेच्या तारा खालच्या बाजूस प्रसरण न पावतां फक्त वरच्या बाजूस मात्र प्रसरण पावतील; आणि तेणेंकरून **मन** पट्टीस व त्याबरोबर; लंबकास वर उचलतील. ह्मणून लंबक खालीं उतरूं नये याकरितां **ब, ड, क** या तारांचें खालच्या बाजूस जितकें प्रसरण होऊन लंबक खालीं जाईल, तितकेंच **ह, प** पितळी तारांचें वरच्या बाजूस प्रसरण होऊन लंबक चढला पाहिजे.

पोलादापेक्षां पितळ जास्त प्रसरण पावते. ह्मणून **ह, प** तारा पितळेच्या ठेवून, आणि **ब, ड, क** या पोलादी घेऊन हा हेतु साध्य करून घेतां येतो. हें साध्य होण्यास दोहों धातूंच्या तारांची लांबी त्यांच्या प्रसरणगुणकांच्या व्युत्क्रम प्रमाणांत ठेविली पाहिजे. ह्मणजे जर पितळ पोलादाच्या दुपट किंवा तिपट प्रसरण पावत असेल तर पितळी तारांच्या लांबीची बेरीज पोलादी तारांच्या लांबीच्या बेरजेच्या १/२ किंवा १/३ असली पाहिजे.

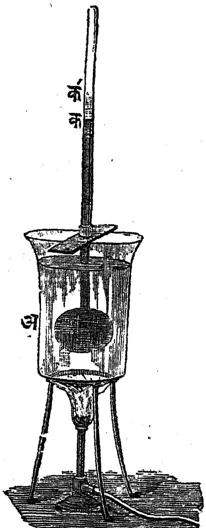
आंदोलकाची लांबी जर १/१०० इंच वाढली किंवा कमी झाली, तर २४ तासांत घड्याळ दहा सेकंद मागें पडतें किंवा पुढें जातें; आणि उष्णमानांत १४° **श** अंतर पडलें तर आंदोलकाच्या लांबींत इतकें अंतर पडतें.

## द्रवांचें प्रसरण.

**२३. केवळ आणि दृश्य प्रसरण**—आपण मागें पाहिलें कीं, घन पदार्थांपेक्षां द्रवरूपी पदार्थ जास्त प्रसरण पावतात. द्रवांच्या कणांमध्यें स्नेहाकर्षण कमी असल्यामुळें हा परिणाम घडतो. परंतु यांचें प्रसरण फार अनियमित असतें; आणि जसजसें त्यांचें उष्णमान त्यांच्या कढण्याच्या बिंदूजवळ जातें, तसतसें प्रसरण जास्तच अनियमित होतें.

घनपदार्थांत दोन जातींच्या प्रसरणांचा विचार करावा लागलाः—(१) कांचीचें प्रसरण, आणि (२) आकारमानाचें प्रसरण. परंतु द्रवांमध्यें फक्त आकारमानाचें प्रसरण मात्र दिसेल, ह्मणून त्याचा तेवढा विचार करावा लागेल, हें उघड आहे. हें प्रसरण **खरें** ह्मणजे **केवळ** आणि **दृश्य** असेल. द्रवास उष्ण केलें ह्मणजे जो त्याचा एकंदर आकार वास्तविक वाढतो, तें त्याचें **खरें** किंवा **केवळ** प्रसरण असतें; आणि ज्या भांड्यांत द्रव असतो त्यांत जें त्याचें प्रसरण आपल्या डोळ्यांस दिसतें, तें **दृश्य** प्रसरण होय. उदाहरणार्थ—उष्णमापकांतील द्रव उष्णमान वाढल्यामुळें प्रसरण पावून नळींत चढतो, तेव्हां जें प्रसरण आपण पहातों तें दृश्य प्रसरण असतें. हें दृश्य प्रसरण खऱ्या किंवा केवळ प्रसरणापेक्षां कमी असतें. कारण उष्णमान वाढल्यानें जेव्हां पारा प्रसरण पावतो, तेव्हां उष्णमापकाचा फुगाही प्रसरण पावतो. फुग्याचा आकार वाढल्यामुळें द्रवास जास्त जागा मिळून, फुग्याचा आकार मुळच्या इतकाच कायम राहिला असतां, नळींत जितका पारा चढला असता तितका चढत नाहीं.

आ० २८.




पातळ कांचेचा फुगा असलेल्या बारिक भोंकाच्या नळींत कोणता तरी रंगीत द्रव भरला, आणि फुग्यास अ या गरम पाण्याच्या भांड्यांत बुडविलें, तर प्रथमतः द्रव कं या खुणेपर्यंत असला तर खालीं क या खुणेपर्यंत उतरतो. आणि नंतर लागलाच चढतो (आ० २८ पहा). आणि गरम पाण्याइतकें त्याचें उष्णमान होईपर्यंत चढत राहतो. प्रथमतः द्रव उतरतो, तो त्याचें आकुंचन झाल्यामुळें उतरत नाहीं; कांचेच्या प्रसरणामुळें उतरतो. द्रवास उष्णता पोंचण्यापूर्वीं कांचेस पोंचून कांच उष्ण होते; परंतु लवकरच द्रवास उष्णता पोंचून द्रवाचें प्रसरण कांचेपेक्षां जास्त होतें, व द्रव चढतो.

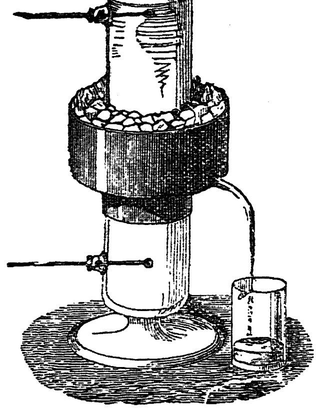
ह्मणून ज्या भांड्यांत द्रव असेल, तें भांडें कोणत्याही द्रव्याचें असलें, तरी त्याच्या अंगीं कांहीं प्रसरणशीलता असेल व तें नेहमीं द्रवाबरोबर प्रसरण पावेल. द्रवास भांड्यांत ठेवल्याशिवाय गति नाहीं. ह्मणून जें द्रवाचें प्रसरण साक्षात् दिसेल, तें फक्त दृश्य प्रसरण असेल.

घडतें तें त्याच्या आकाराच्या $\frac{[illegible]}{१००,०००}$ असतें. पाण्याचें $\frac{४६}{१००,०००}$ ह्मणजे पान्याच्या तिप्पट असतें. आल्कोहोल याहूनही जास्त प्रसरण पावतो; व त्याचें प्रसरण $\frac{११६}{१००,०००}$ किंवा स्थूल मानानें $\frac{१}{१०००}$ पेक्षां थोडेंसें जास्त असतें.

**३४. पाण्याचें परम दार्ढ्य**—उष्णतेच्या कार्यानें पाण्याचें वर्तन फारच चमत्कारिक घडतें. पाण्याचें उष्णमान उतरत गेलें, ह्मणजे ४° **श** पर्यंत साधारण नियमाप्रमाणें तें आकुंचित होत जातें. परंतु यापुढें आणखी त्याचें उष्णमान उतरलें, तर तें आकुंचन न पावतां थिजण्याच्या बिंदूपर्यंत प्रसरण पावत जातें. ह्मणून ४° **श** उष्णमानावर पाण्याचें अत्यंत आकुंचन होतें. ह्मणून त्या बिंदूस किंवा उष्णमानास **पाण्याच्या परम दार्ढ्याचा बिंदू** असें ह्मणतात.

पाण्यानें भरलेलें एक उष्णमापक व एक पान्याचें उष्णमापक या दोहोंस मीठ व बर्फ यांच्या मिश्रणांत बुडवून वरील गोष्टी सहज पाहतां येतात.

**होप** यानें खालीं दिलेल्या रीतीनें पाण्याचें परम दार्ढ्य कोणत्या उष्णमानावर असतें हें काढिलें. ज्या पंचपात्रास मध्यभागीं पन्हळ आहे, आणि त्याच्या खालच्या व वरच्या बाजूंस नळ्या बसविण्याकरितां दोन भोंकें आहेत, असें पंचपात्र घेऊन दोहों भोंकांत दोन उष्णमापकें त्यांचे फुगे पंचपात्राच्या आंत राहतील अशीं बुचांतून बसविलीं (आकृति २९ पहा). नंतर त्या पंचपात्रांत ०° **श** उष्णमानाचें पाणी भरून तें पंचपात्र त्यानें ज्या खोलीचें उष्णमान १५° **श** आहे तींत ठेविलें. भांड्याच्या बाजूजवळचे पाण्याचे थर जसे बाहेरच्या उष्णतेनें उष्ण होऊं लागले, त्याप्रमाणें ते थर तळाकडे उतरूं लागले; आणि



राहिलें. नंतर होप यानें उलट प्रयोग केला. पंचपात्रांतील पहिलें पाणी ओतून टाकून १५° **श** उष्णमानाचें पाणी भरलें, आणि ज्या खोलीचें उष्णमान ०° **श** होतें त्या खोलींत पंचपात्र ठेविलें. तेव्हां-ही बाजूजवळचें पाणी बाहेरच्या शीत-तेनें आकुंचित होऊन खालीं उतरूं लागलें; आणि असें होतां होतां, खालचें उष्णमापक ४° **श** उष्णमानावर आलें. तेव्हां तें स्थिर राहून वरचें उष्णमापक मात्र उतरत चाललें, आणि ०° **श** वर आलें. या दोन्ही प्रयोगांवरून असें सिद्ध होतें कीं, ४° **श** उष्णमानाचें पाणी ०° **श** उष्णमानाच्या पाण्यापेक्षां जास्त जड असतें. कारण दोन्ही वेळां या भांड्याच्या खालच्या भागांतच तें पाणी उतरलें. वर्गांत विद्यार्थ्यांस हा प्रयोग दाखविणें झाल्यास पंचपात्रांत १५° **श** उष्णमानाचें पाणी भरून मधल्या पन्हळांत बर्फाचा चुरा व मीठ यांचें मिश्रण भरावें. ह्मणजेही मधलें पाणी थंड होऊन खालीं उतरेल, आणि खालचें उष्णमापक मात्र उतरत जाऊन वरचें स्थिर राहील. खालचें उष्णमापक ४° **श** वर आलें, ह्मणजे वरचें उष्णमापक उतरूं लागून ०° **श** वर येईल, व पाणी थिजूं लागेल.

हें पाण्याचें वर्तन सृष्टिक्रमांत फार महत्वाचें आहे. थंड देशांत नद्या, सरोवरें व तळीं यांच्या पृष्ठभागचें पाणी सन्निधच्या थंड हवेनें व विसर्जनासारख्या दुसऱ्या कारणांनीं शीत होतें. शीत झालेलें पाणी तळीं जाऊन तळाचें गरम पाणी वर येतें. असें प्रापण प्रवाह उत्पन्न होऊन ज्या उष्णदेशांत फार उष्णमान उतरत नाहीं, तेथें पृष्ठभागीं नेहमीं गरम पाणीच असल्याचें आढळतें. परंतु ज्या थंड देशांत पाणी गोठण्याजोगें हिंवाळ्याच्या रात्रीं उष्णमान उतरतें, तेथें सर्व

तेथें थिजतें. याप्रमाणें पृष्ठभागीं बर्फ होऊन खालील पाण्याचा बचाव होतो. आणि तें पाणी कडक हिंवाळ्यांत सुद्धां ४° श उष्णमानावरच द्रवरूपांत असतें व त्यांतील मत्स्यादि जलचरांचा नाश होत नाहीं. असें न घडतां पाणी गोठेपर्यंत आकुंचन पावत जातें, तर सरोवराच्या तळांवर बर्फाचे खडकाचे खडक बनले असते, आणि सर्व जलचरप्राणी मरून गेले असते. खोल सरोवरें व समुद्र यांच्या तळावरील बर्फाचे खडक कधीं वितळलेही नसते.

हेच परिणाम विशिष्टगुरुत्व काढण्याच्या फुग्यानेंही एका साध्या व चमत्कारिक रीतीनें दाखवितां येतात (आ० ३० पहा). हा फुगा असा केलेला आ० ३०. असतो कीं, ३° श उष्णमानाच्या पाण्यांत हा बरोबर तरतो. ०° श उष्णमानाचें पाणी असलेल्या भांड्यांत यास ठेविलें तर हा त्या पाण्यांत बुडतो. परंतु हें पाणी गरम खोलींत ठेविलें ह्मणजे त्याचें उष्णमान हळू हळू वाढतें, आणि तें सुमारें ३° श झालें ह्मणजे फुगा पाण्याच्या पृष्ठभागीं येतो. असेंच उष्णमान वाढत जाऊन तें सुमारें ९° श झालें ह्मणजे फुगा पुनः बुडून तळीं जातो.



## वायूंचें प्रसरण.

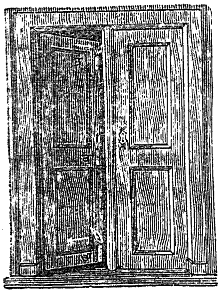
**३५. वायूंचा प्रसरण गुणक**—सर्व पदार्थांत वायु अत्यंत प्रसरण पावतात, इतकेंच नाहीं, तर त्यांचें प्रसरणही अत्यंत नियमित घडतें. **गेलूझाक** याच्या प्रयोगांवरून असें गृहीत घेण्यांत आलें होतें कीं, सारखें उष्णमान वाढविल्यानें सर्व वायु सारख्याच मानानें प्रसरण पावतात, ह्मणजे सर्व वायूंचा प्रसरणगुणक एकच असतो. तथापि अलीकडे असें सिद्ध करण्यांत आलें आहे कीं, कांहीं वायूंच्या प्रसरणगुणकांमध्यें थोडें अंतर असतें. तरी हें अंतर इतकें सूक्ष्म असतें कीं, साधारण व्यावहारिक गोष्टींकरितां सर्व वायूंचा प्रसरणगुणक एकच आहे, असें मानतात. हा प्रसरणगुणक ०,००३६७ किंवा $\frac{१}{२७३}$ आहे. ह्मणजे १,००,००० मापें आकारमानाची हवा किंवा दुसरा वायु

प्रसरण पाण्याच्या तेरा पट आहे.

**३६. वायूंच्या प्रसरणाचे परिणामः**—केवळ गृहकुल्यांतच नव्हे, तर वातावरणांतील अनेक क्रियांमध्येंही वायूंच्या प्रसरणाचे, असंख्य महत्वाचे उपयोग घडतात. जेव्हां आपल्या राहण्याच्या घरांत पुष्कळ मंडळी जमते आणि त्यांच्या योगानें हवा उष्ण होऊन बिघडते, तेव्हां ती प्रसरण पावून वर चढते, आणि तिच्या नीच दार्ढ्यामुळें घराच्या अति उच्चभागीं जाऊन राहते. ह्या हवेस बाहेर घालविण्यासाठीं छपरांत किंवा दुमजला असल्यास दुमजल्याच्या तक्तपोशीजवळ भिंतींत गवाक्षें ठेवावीं लागतात. छपरांतून ही उष्णहवा आपोआप वरीच बाहेर जाते; परंतु तक्तपोशी असल्यास अशीं गवाक्षें ठेवावींच लागतात. ही हवा बाहेर गेली ह्मणजे दारांतून व खिडक्यांतून व तीं बंद असल्यास त्यांच्या फटींतून ताजी व शुद्ध हवा आंत शिरते.

हिंवाळ्यांत गरम खोलीचा दरवाजा अर्धवट उघडा ठेवून त्यांत त्याच्या क माथ्याजवळ (आ० ३१ पहा) जळती मेणबत्ती धरली, तर तिची ज्योत बाहेरच्या बाजूस वळते, व तेणेंकरून गरम हवेचा प्रवाह आंतून बाहेर जात आहे हें सिद्ध होतें. तेथून मेणबत्ती खालीं आणीत आणीत अगदीं मध्यावर आणिली तर ज्योत सरळ राहते, व तेथें हवेचा मुळींच प्रवाह नसतो, असें दिसतें. तेथून खालीं नेत नेत अगदीं जमिनीजवळ अ ठिकाणीं मेणबत्ती धरिली, तर तेथें ज्योत खोलीच्या आंतल्या बाजूस वळते, आणि तेथें आंतल्या बाजूस प्रवाह जात आहे हें सिद्ध होतें.

आ० ३१.



मोठ्या नाटकगृहांमध्यें ग्यालरीवर अति उच्च ठिकाणीं जे प्रेक्षक बसलेले असतात, त्यांस अत्यंत अशुद्ध व गरम अशी हवा मिळते; आणि जे अगदीं खालीं रंगभूमीजवळच असतात, त्यांस ज्यास्त शुद्ध हवा श्वासोच्छ्वासास मिळते.

दिव्यांवर, भट्ट्यांवर व घरांस अरुंद व उंच चिमण्या लाविल्या असतां त्यांतही हवेच्या प्रसरणामुळेंच प्रवाह उत्पन्न होतात. भट्टींतील विस्तवानें उष्ण झालेली हवा चिमणींत जोरानें चढते; व ज्या मानानें ती जास्त प्रसरण पावली असेल त्या मानानें तिचा चढण्याचा वेग जास्त असतो. अशी हवा वर गेल्यामुळें तिच्या जागीं थंड हवेचा झोत खालून भट्टींत वाहतो; व तेणेंकरून एकसारखा हवेबरोबर नव्या आक्सिजनाचा पुरवठा होऊन भट्टींतील ज्वलन जोरानें चालतें. हाच प्रकार दिव्याच्या व घराच्या चिमण्यांतही घडतो. ज्या मानानें चिमणींतील हवा जास्त उष्ण व बाहेरील हवा जास्त थंड असेल, ह्मणजे जसा विस्तव जोराचा असून चिमणी जास्त उंच असेल व तिजमधील हवेचा स्तंभही उंच असेल त्या मानानें प्रवाहही फार जोराचा उत्पन्न होतो.

डोंगरांत ज्या फटी किंवा चिरी खालवर मोकळ्या असतात, त्यांतूनही तळापासून थंड हवा बाहेर निघते. उघड्या ठिकाणीं मोठा विस्तव पेटला किंवा आग लागली तर आपोआप प्रवाह उत्पन्न होतो. हा वस्तुतः वाराच असतो. वातावरणाच्या ज्या भागांत आपण राहतों, त्या भागाच्या उष्णमानावर हवेचें प्रसरण व आकुंचन यांचा सुदैवानें आयताच चांगला परिणाम घडतो. कारण जेव्हां सूर्याच्या उष्ण किरणांनीं जमीन फार तापते, तेव्हां तिला लागून असलेले हवेचे थरही त्याच उष्णमानाचे होऊं लागतात; व ती हवा फार गरम व असह्य होते. परंतु हे थर हळूहळू प्रसरण पावल्यामुळें हलके होऊन वर चढतात; आणि वरचे थर यांहून थंड व जड असल्यामुळें खालीं उतरून यांच्या जागीं येतात. नीच प्रदेशांमध्यें याच्या अभावीं जें उष्णमान वाढलें असतें, तें येणेंकरून बेताचें राहतें, आणि वनस्पति व प्राणी यांस सहन करितां येईल अशा मर्यादेच्या बाहेर तें उष्णमान जात नाहीं.

मोठ्या प्रदेशावरील वातावरणांत जें प्रसरण व आकुंचन घडतें त्यांपासूनच वारे उत्पन्न होतात. अगदीं लहान वाऱ्याच्या झुळकीपासून तें मोठ्या वादळापर्यंत सर्व प्रकारचे वारे याच कारणानें उत्पन्न होतात.

हे वारे कधीं कधीं फार भयंकर व नाशकारक असतात. यांच्या दिशाही वरचेवर बदलतात. यांचा जोरही बदलतो. परंतु यांच्या योगानें हवेचे उष्ण झालेले व थंड झालेले भाग एकमेकांत मिसळून अत्यंत उच्च व नीच उष्णमानें

वारे नसते तर ज्या ठिकाणीं ढग उत्पन्न झाले तेथेंच स्थिर राहिले असते. नद्या व ओढे यांपासून जमिनीस ओलावा मिळाला नसता; आणि भूगोलाचा बराच भाग शुष्क व रुक्ष राहिला असता. परंतु समुद्रांवर बनलेले ढग वाऱ्याच्या योगानें द्वीपकल्पांच्या मध्यभागीं जातात, व तेथें थिजून पर्जन्यरूपानें पडतात. यानें जमीन सुपीक होते; नद्यांस पाणी मिळतें, व तें पाणी पुनः समुद्रांत जातें. याप्रमाणें वाऱ्याच्या योगानें समुद्रांपासून जमिनीकडे आणि जमिनीपासून समुद्रांकडे एकसारखें परिभ्रमण व चलन चाललें आहे.

**३७. वायूचें दार्ढ्य**—पाण्याच्या संबंधानें घन व द्रव पदार्थांचीं दार्ढ्यें काढितात ( १०३ ); वायूंचीं दार्ढ्यें हवेच्या संबंधानें काढितात. ह्मणजे हवेस एक स्थानीं कल्पून विवक्षित आकारमानाच्या हवेच्या वजनाशीं तेवढ्याच आकारमानाच्या दुसऱ्या वायूंच्या वजनाची तुलना करितात. परंतु वायु फार संकोच्य व प्रसरणशील असल्यामुळें व त्यांचीं दार्ढ्यें उष्णतेप्रमाणें दाबानेंही बदलणारीं असल्यामुळें त्यांचें दार्ढ्य मापण्यापूर्वीं त्यांस एका नियमित दाबाखालीं व नियमित उष्णमानावर आणिलें पाहिजे. ०° **श** उष्णमान हें नियमित उष्णमान, आणि ३० इंच दाब हा नियमित दाब वायूंचीं दार्ढ्यें मापण्यास प्रमाणभूत घेतात.

ह्मणून ०° **श** उष्णमान व ३० इंच दाब असतां विवक्षित आकारमानाच्या वायूच्या वजनाचा तेवढ्याच आकाराच्या हवेच्या वजनाशीं जो संबंध असतो, त्यास त्या वायूचें **दार्ढ्य** किंवा **विशिष्टगुरुत्व** असें ह्मणतात.

आक्सिजनासारख्या एकाद्या वायूचें विशिष्टगुरुत्व काढणें झाल्यास, याचें ०° **श** उष्णमान असतां व ३० इंच दाब असतां याच्या विवक्षित आकारमानाचें वजन काढितात. नंतर याच स्थितींत असलेल्या तेवढयाच आकारमानाच्या हवेचें वजन काढितात. या कामाकरितां सुमारें दोन ग्यालन पाणी मावण्याजोगा पू. भाग १ आ० १०३ मध्यें दाखविल्यासारखा वाताकर्षकयंत्रास जोडतां येण्याजोगा, व ज्याच्या तोंडास काक बसविलेला आहे, असा कांचेचा

गोलभर हवा व गोलभर वायु यांचीं वजनें काढतात. एकाच उष्णमानावर व दाबाखालीं हीं वजनें काढण्यास फार अडचण पडते. ह्मणून साधारण उष्णमान व दाब असतां वजनें काढून तीं वजनें ०° श उष्णमान व ३० इंच दाब असतां किती असतील तें गणित करून काढितात. याप्रमाणें काढिलेलीं दाढ्यें कांहीं खालीं दिलीं आहेत:—

| | | | |
|---|---|---|---|
| हवा | १·०००० | आक्सिजन | १·१०५६ |
| हैड्रोजन | ०·०६९२ | कार्बानिक आसिड | १·५२९० |
| नैत्रोजन | ०·९७१४ | क्लोरीन | २·४४०० |

यावरून हें उघड दिसतें कीं, हैड्रोजन वायु सर्व वायूंत अतिहलका आहे, व याचें दाढ्यें हवेच्या $\frac{१}{१४}$ आहे.

## प्रकरण ६.

## उष्णतेच्या कार्यानें पदार्थांचें रूपांतर.

**३८. द्रवीभवन**—उष्णतेच्या साधारण परिणामांविषयीं सांगतांना असें मागें सांगितलें कीं, उष्णतेच्या कार्यानें पदार्थ फक्त प्रसरण पावतात इतकेंच नाहीं, तर उष्णमान वाढेल किंवा उतरेल त्याप्रमाणें पदार्थ घनरूपांतून द्रवरूपांत किंवा द्रवरूपांतून उलट घनरूपांत जातात; आणि नंतर द्रवरूपांतून वायुरूपांत, व वायुरूपांतून उलट द्रवरूपांत जातात. **द्रवीभवन** किंवा **वितळणें, घनीभवन, वाय्वीभवन** आणि **द्रवीकरण** हे जे फेरफार होतात यांचा आतां विचार करूं, व हीं रूपांतरें कशीं होतात तें सांगूं.

घनरूपांतून उष्णतेच्या कार्यानें जेव्हां पदार्थ द्रवरूपांत जातात, तेव्हां त्या क्रियेस **द्रवीभवन** किंवा **वितळणें** असें ह्मणतात. पदार्थांच्या अणूंस जी स्नेहाकर्षकशक्ति एकत्र धरिते, त्या शक्तीच्या जोराइतका अणूंमधील प्रतिसारकशक्तीचा जोर होतो, तेव्हां द्रवीभवन घडतें. परंतु भिन्नभिन्न पदार्थांत

वरून दिसेल.

## कित्येक पदार्थांचीं वितळण्याचीं उष्णमानें.

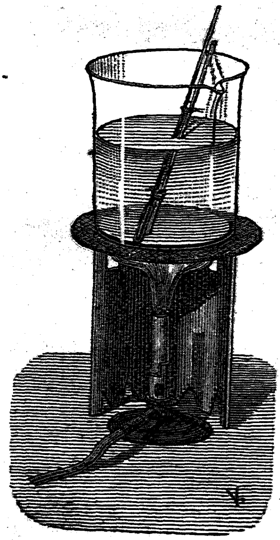
| नांव | श. उष्णमान | नांव | श. उष्णमान |
|---|---|---|---|
| पारा ... ... ... | −३८·८° | बिस्मथ ... ... | २६४ |
| ब्रोमीन ... ... | −१२·५" | क्याडमियम ... | ३२१ |
| बर्फ ... ... ... | ० | शिसें ... ... | ३३५ |
| लोणी... ... ... | +३३ | जस्त ... ... | ४२२ |
| फास्फरस ... ... | ४४ | अंटिमनी ... ... | ४५० |
| पोट्यासियम ... ... | ५५ | अल्युमिनम ... | ८५० |
| स्टीरीन ... ... | ६० | रुपें ... ... | ९५४ |
| पांढरें मेण ... ... | ६५ | सोनें ... ... | १०६० |
| उड याचा सुविलय धातु. | ६८ | तांबें ... ... | १०६८ |
| सोडियम ... ... | ९० | ओतीव लोखंड ... | ११५० |
| रोझ याचा सुविलय धातु. | ९४ | घडीव लोखंड ... | १६०० |
| गंधक ... ... ... | ११४ | प्लाटिनम ... ... | १७५५ |
| कथील ... ... | २२८° | इरिडियम.... ... | २२०० |

कागद, लांकूड, लोंकर आणि कित्येक क्षार असे कांहीं पदार्थ उच्च उष्णमानावर न वितळतां पृथग्भूत होतात. कित्येक पदार्थांस अजून वितळवितां आलें नाहीं; परंतु ज्या मानानें अतिउच्च उष्णमानें उत्पन्न करितां येऊं लागलीं, त्या मानानें ह्यांची संख्या कमी झाली आहे. दिव्याच्या ज्योतींत आक्सिजन सोडून **गार्डीन** यानें गारेचा व स्फटिक मण्याचा रस केला. **डेस्प्रेट्झ** यानें सूर्य, रसायनविद्युन्माला, आणि आक्सिहैड्रोजनचा दिवा या तिहींच्या उष्णताजनक कार्यानें अल्यूमिना (माती) आणि मग्नीशिया यांस वितळविलें, आणि कोळशास लवचिक होण्याजोगें नरम केलें.

दोहोंच्या मध्यंतरीं जी अवस्था प्राप्त होते, ती रबरबीत अवस्था होय. असले पदार्थ ज्या उष्णमानावर स्पष्टपणें रबरबीत होऊं लागतात, त्या उष्णमानावर त्यांच्या वितळण्यास आरंभ होतो; आणि जेव्हां आणखी उष्णमान वाढविल्यानें ते जास्त पातळ होत नाहींत, तेव्हां ते पूर्ण वितळले असें ह्मणतां येतें. ह्मणून अशा पदार्थांचे वितळण्याचे खरे बिंदु स्थूलमानानें मात्र देतां येतात.

पदार्थांचा वितळण्याचा बिंदु ठरविणें हें बऱ्याच महत्वाचें असतें. कारण, तेणेंकरून पुष्कळ रासायनिक संयुक्त पदार्थ ओळखतां येतात, आणि, बकऱ्याचें मांदें व दुसऱ्या चरब्या यांची व्यापारदृष्ट्या किती योग्यता आहे, हें ठरविण्यासही त्यांचा पुष्कळ वेळां व्यवहारांत उपयोग होतो.

आ० ३२.



वितळण्याचा बिंदु पुढें लिहिल्याप्रमाणें काढितात. छोट्या घड्याळावरील कांचेसारख्या खोलगट कांचेंत थोडासा पदार्थ वितळवून एका केशाकृति नळींत थोडासा द्रव घेतात. नळींतील द्रव थिजल्यावर ही नळी एका उष्णमापकास बांधून स्वच्छ पाण्यांत बुडवितात (आ० ३२ पहा); आणि पाण्याखालीं दिवा ठेवून नळींतील पदार्थ वितळेपर्यंत पाण्याचें उष्णमान सावकाश चढवितात. थोडा पदार्थ असल्यानें तो केव्हां वितळतो हें तेव्हांच समजतें. या वेळीं उष्णमान किती चढलें तें टिपून घेतात. नंतर पाण्यास शीत होऊं देतात; आणि नळींतील द्रव केव्हां थिजतो तें टिपून घेतात. या दोहों उष्णमानांचें मध्यप्रमाण वितळण्याचा बिंदु असतो.

लागतो, आणि जोंपर्यंत दाब समान असतो, तोंपर्यंत तें उष्णमान कायम असतें.

**(२) उष्णतेच्या उत्पत्तिस्थानाची कितीही तीव्रता असली, तरी वितळण्यास आरंभ झाल्यापासून पदार्थाचें उष्णमान वाढत नाहीं, आणि द्रवीभवन पुरें होईपर्यंत तेंच कायम राहतें.** उदाहरणार्थ, बर्फ ०° श उष्णमानावर वितळूं लागतें, आणि बर्फाचा तुकडा उन्हांत ठेविला किंवा विस्तवाजवळ ठेविला किंवा दिव्यावर धरिला, तरी सर्व वितळेपर्यंत त्याचें उष्णमान याहून जास्त कधीं वाढत नाहीं. जास्त तीव्र उष्णता दिली, तर द्रवीभवन लवकर होईल, परंतु सर्व बर्फ वितळेपर्यंत त्याचें उष्णमान ०° श च राहील. दोन किंवा अधिक धातु मिश्र करून केलेले हीण धातु आपल्या घटक धातूंपेक्षां कमी उष्णमानावर वितळतात. पांच भाग कथील व एक भाग शिसें यांस मिश्र करून केलेला हीण धातु १९४° श उष्णमानावर वितळतो. ४ भाग बिस्मथ १ भाग शिसें व एक भाग कथील यांस एकत्र मिश्र करून केलेला रोझ याचा सुविलय हीण धातु ९४° श उष्णमानावर वितळतो; आणि एक किंवा दोन भाग क्याडमियम, दोन भाग कथील, चार भाग शिसें, आणि सात किंवा आठ भाग बिस्मथ यांस एकत्र वितळवून केलेला उड याचा सुविलय हीण धातु ६६° श आणि ७१° श यांच्या दरम्यान वितळतो. डांक घालण्यास आणि साच्यांत ओतून नमुने घेण्यास सुविलय हीण धातूंचा फार उपयोग करितात.

पोट्यासियम क्लोराईड व सोडियम क्लोराईड यांचें मिश्रण दोहोंपेक्षां कमी उष्णमानावर वितळतें. त्याचप्रमाणें पोट्यासियम आणि सोडियम यांच्या कार्बोनेटांचें मिश्रणही कमी उष्णमानावर वितळतें.

या धर्माचा उपयोग धातुसंशोधनक्रियेंत धातूंस लौकर वितळविण्याकरितां जे सुविलय क्षार व मिश्रणें घेतात, त्यांमध्यें होतो. हे क्षार असे असतात कीं, ते अशोधित धातूंत मिसळल्यानें अंशतः आपल्या रसायनकार्यानें शुद्ध धातूंस

कितीही तीव्र उष्णता लाविली तरी द्रवीभवन पुरें होईपर्यंत उष्णमान कायम राहतें; यावरून पदार्थ आपलें रूप बदलतांना बऱ्याच परिमाणाच्या उष्णतेस शोषण करितात, आणि पदार्थांस द्रवरूपांत धरण्यापुरता तिचा परिणाम होतो, असें अनुमान केलें पाहिजे. ही उष्णता उष्णमापकानें समजत नाहीं, ह्मणून तिला **अनुद्भुत** ह्मणजे **गुप्त उष्णता** किंवा **द्रवीभवनाची गुप्त उष्णता** असें ह्मणतात. अर्वाचीन कल्पनेप्रमाणें या उष्णतेस अनुद्भूत किंवा गुप्त ह्मणणें जरी अगदीं बरोबर नाहीं, तरी याच नांवाचा सर्वत्र उपयोग करीत असल्यानें हें नांव फार सोयीचें आहे. या उष्णतेस अंतर्हित उष्णता हें नांव देणें अधिक प्रशस्त आहे.

गुप्त किंवा अनुद्भूत उष्णता कशास ह्मणतात, याची कल्पना पुढील प्रयोगावरून चांगली येईल. ८०° **श** उष्णमानाच्या अच्छेर पाण्यांत ०° **श** उष्णमानाचें अच्छेर पाणी मिसळलें, तर शेर मिश्रणाचें उष्णमान ४०° **श** होतें. परंतु ८०° **श** उष्णमानाच्या अच्छेर पाण्यांत ०° **श** उष्णमानाचा अच्छेर बर्फाचा चुरा मिसळला, तर बर्फ वितळून दोहोंचें मिळून एक शेर वजनाचें ०° **श** उष्णमानाचें पाणी होतें. ०° **श** उष्णमानाच्या अच्छेर बर्फाचें ०° **श** उष्णमानाचें अच्छेर पाणी झालें; ८०° **श** उष्णमानाच्या पाण्याचेंही ०° **श** उष्णमानाचेंच अच्छेर पाणी झालें. तेव्हां अच्छेर पाण्याचें ८०° **श** उष्णमान उतरतांना जी उष्णता त्यांतून गेली, त्या ८० अंश उष्णतेचें झालें काय? ही उष्णता बर्फापासून झालेल्या पाण्यांत असते. हिच्या योगानें उष्णमान किंवा आकारमान वाढलें नाहीं; परंतु घनबर्फास द्रवरूप देण्यापुरता तिचा परिणाम झाला. ह्मणून अच्छेर बर्फाचें त्याच उष्णमानाच्या अच्छेर पाण्यामध्यें रूपांतर करण्यास, अच्छेर पाण्याचें ८०° **श** उष्णमान वाढविण्यास जितकी उष्णता लागते, तितकी लागली. याच उष्णतेस बर्फाच्या **द्रवीकरणाची अनुद्भूत** किंवा **गुप्त उष्णता** अगर पाण्याची **गुप्त** किंवा **अंतर्हित उष्णता** ह्मणतात.

प्रत्येक पदार्थ वितळतांना कांहीं उष्णतेस शोषण करितो. परंतु भिन्न भिन्न

पदार्थ भिन्न भिन्न प्रमाणानें शोषण करितात. फास्फरस याची अनुद्भूत उष्णता ५, गंधकाची ९, आणि सोडियम नैत्रेट याची ६३ आहे. ह्मणजे ६३ पौंड पाण्याचें १° श उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते तितकी उष्णता १ पौंड सोडियम नैत्रेट क्षार वितळविण्यास लागते.

बर्फ वितळतांना तें अतिशय उष्णता शोषण करितें. याचमुळें ज्या देशांत हिंवाळ्यामध्यें बर्फ (हिम) पडतें तें वितळण्यास अतिशय काळ लागतो. तसेंच पाण्याच्या अनुद्भूत किंवा अंतर्हित उष्णतेमुळें त्याचें उष्णमान ०° श झालें, तरी सर्व पाण्यास थिजण्यास पुष्कळ काळ लागतो. द्रवीभवनाच्या वेळीं जेवढी उष्णता पाण्यानें शोषण केली होती, तेवढी सर्व उष्णता पाण्यांतून गेल्याशिवाय पाणी गोठूं शकत नाहीं. पाण्यांत ही जी पुष्कळ गुप्त उष्णता असते, तिच्यामुळें पाण्याच्या घनीभवनास प्रतिबंध होतो. **फॅरेडे** यानें प्रत्यक्ष प्रयोग करून असें गणित केलें आहे कीं, एक बुशील दगडी कोळसे जाळले असतां जितकी उष्णता उत्पन्न होते, तितकी उष्णता एक घनयार्ड पाणी गोठतांना बाहेर पडते.

बर्फ किंवा हिम वितळतांना त्यांस इतकी उष्णता शोषण करावी लागली नसती, तर कित्येक दिवसांचें जमलेलें हिम व बर्फ एकाएकीं वितळल्यानें मोठे पूर आले असते.

**४१. घनीभवन**—जे पदार्थ उष्णतेनें द्रवरूपांत जातात, त्यांस शीत केलें, ह्मणजे पुनः त्यांस घनरूप येतें. द्रवरूपांतून घनरूपांत जाण्याच्या या क्रियेस **घनीभवन** ह्मणतात. हें घनीभवन फार नीच उष्णमानावर घडलें, तर त्यास **गोठणें** किंवा **थिजणें** ह्मणतात. सर्वदां घनीभवन खालील दोन नियमांनीं घडतें:—

**(१) दाब समान असतां प्रत्येक पदार्थ नियमित उष्णमानावर घनरूपांत जातो, आणि हें उष्णमान द्रवीभवनाच्या उष्णमानाइतकेंच असतें.**

**(२) घनीभवन सुरू झाल्यापासून तें पुरें होईपर्यंत उष्णमान कायम राहतें.**

शिसें ३३५° श उष्णमानावर वितळूं लागतें, ह्मणून वितळलेलें शिसें शीत केलें ह्मणजे ३३५° श वरच घन होऊं लागतें. सर्व द्रवाचें घनीभवन होईपर्यंत

असाच प्रकार होतो. आल्कोहोल, ईथर, कार्बोन द्विसल्फाईड यांसारखे कित्येक द्रव अतिनीच उष्णमानावर सुद्धां गोठत नाहींत, ह्मणजे घन होत नाहींत. शुद्ध पाणी ०° श उष्णमानावर गोठतें, आलिव्ह तेल ६° श उष्णमानावर गोठतें; आणि जवसाचें व भुईमुगाचें तेल २७° श उष्णमानावर गोठतें. पाण्यांत क्षारादि पदार्थ मिसळलेले असले, तर त्याचें गोठण्याचें उष्णमान अधिक कमी असतें. समुद्राचें पाणी−२.५° श पासून−३° श पर्यंत गोठत नाहीं. समुद्रांत जें बर्फ होतें तेंही अगदीं शुद्ध पाण्याचें असतें, आणि त्या खालील पाणी क्षारांनीं संपृक्त किंवा परिप्लुत झालेलें असतें. **फिनलंड** देशांत या रीतीनें समुद्राचें पाणी संपृक्त करून त्यांतून मीठ काढितात. पाण्यांत आल्कोहोल मिसळलेला असला, तर या सारखाच परिणाम घडतो. शुद्ध बर्फ होऊन पृष्टभागीं येतें, व सर्व आल्कोहोल खालच्या पाण्यांत राहतो.

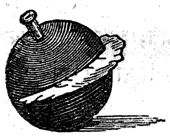
पाणी गोठून त्याचें बर्फ होतें तेव्हां त्याचा आकार बराच वाढतो. हा पाण्याच्या अंगीं एक चमत्कारिक व असाधारण धर्म आहे. पाण्याच्या परम दार्ढ्याचें वर्णन करितांना मागें असें सांगितलें कीं, पाणी शीत होतांना ४° श पासून ०° श पर्यंत तें प्रसरण पावतें; आणि प्रत्यक्ष गोठतांना आणखी $\frac{1}{10}$ प्रसरण पावतें; व बर्फ वितळतांना तितकेंच आकुंचित होतें. एक घनफूट ०° श उष्णमानाचें बर्फ वितळलें, ह्मणजे ०° उष्णमानाचें ०.९०८ घनफूट पाणी पाणी होतें. किंवा ०° श उष्णमानाच्या एक घनफूट पाण्याचें १.१०२ घनफूट बर्फ त्या उष्णमानाचें होतें.

बर्फ होतांना जेव्हां त्याचें आकारमान वाढतें, त्या वेळीं त्याच्या प्रसरणाचा जोर फार असतो; व त्या योगानें कधीं कधीं फार जोराचे यांत्रिक परिणाम घडतात. उदाहरणार्थ—पाण्याचे नळ फुटतात, व पाण्यानें भरलेलीं भांडीं व कुप्याही फुटतात. हिमालयावरील प्रदेशांत व शीत कटिबंधांतील प्रदेशांत रात्रीं ०° श उष्णमानाहून कमी उष्णमान होतें, व तेथें हे प्रकार हिंवाळ्यांत हमेष घडतात. खडकांच्या व जमिनीच्या चिरींत पाणी सांचून तें गोठलें ह्मणजे खडक

पडत नाहीं. परंतु थंडी कमी होऊन बर्फ वितळलें, म्हणजे मग ते परिणाम प्रत्यक्ष दिसूं लागतात.

उत्तरअमेरिकेंतील **क्यानडा** देशांत **मेजर उईलंयम** यानें कांहीं प्रयोग करून बर्फाच्या प्रसरणशक्तीचा जोर उत्कृष्ट रीतीनें दाखविला. तोफेचे १३ इंच व्यासाचे पोकळ लोखंडी गोळे पाण्यानें अगदीं भरून त्यांचें तोंड सुमारें दीडशेर वजनाच्या लोखंडी गुडदीनें गच्च बंद केलें, आणि कडक थंडी पडून बर्फ पडत असतां रात्रीं त्यांस उघड्या हवेंत ठेविलें. कांहीं वेळानें लोखंडी गुडदी जोरानें उडून जाऊन मोठा बार झाला; व ४१५ फूट अंतरावर ती पडली. आणि गोळ्यास दुसऱ्या बाजूस चीर पडून त्यांतून आकृति ३३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें बर्फ बाहेर आलें.

आ० ३३.



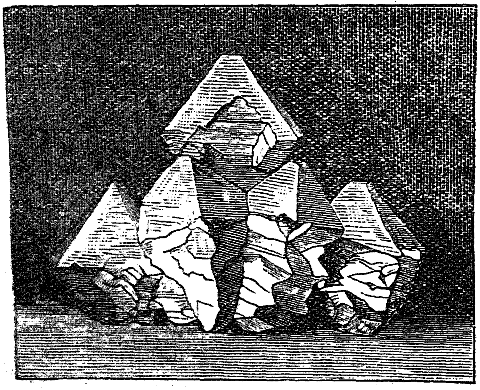
पाणी गोठतांना प्रसरण पावतें म्हणून बर्फ पाण्याहून हलकें असलें पाहिजे, हें उघड आहे. हें खरोखरच हलकें असून पाण्याच्या पृष्ठभागावर तरतें. ध्रुवाकडील प्रदेशांत उष्णमान नेहमीं नीच असतें; म्हणून तेथें समुद्राच्या पृष्ठभागावर वितळणाऱ्या बर्फाचीं मैदानें दृष्टीस पडतात. तेथें बर्फाचे खडप समुद्राच्या पृष्ठभागावर ४ । ५ यार्ड उंच आलेले असतात, व याच्या निदान अकरापट तरी ते पाण्यांत बुडालेले असतात. असे हे बर्फाचे खडप ४० । ४० चौरस मैल क्षेत्रावर पसरलेले अनेक वेळां आढळतात. ध्रुवाकडील समुद्रांत हे बर्फाचे खरोखरच पर्वत पाण्यावर तरतांना दृष्टीस पडतात. या पर्वतांचें जरी क्षेत्र सर्वत्र सारखें नसतें, तरी त्यांची उंची फार असते. **मेलव्हिल** बेटाजवळच्या उपसागरांत असला एक पर्वत मोजण्यांत आला, त्याची उंची ३१५ फूट भरली, व त्याची लांबी पाऊणमैल भरली.

ओतींव लोखंड, बिस्मथ आणि अंटिमनी हे धातु पाण्याप्रमाणें घनीभवनाचे वेळीं प्रसरण पावतात; म्हणूनच त्यांचा ओतींव कामाकरितां उपयोग

करितां येतो. परंतु सोनें, रुपें, आणि तांबें हे धातु घनीभवनाचे वेळीं आकुंचित होतात; ह्मणून यांचीं नाणीं ओततां येत नाहींत. परंतु दाबानें त्यांवर छाप उठवावे लागतात.

**४२. स्फटिकीभवनः**—पदार्थ द्रवरूपांतून सावकाश घनरूपांत जातात, तेव्हां त्यांचे अणु हवे तसे अव्यवस्थित रीतीनें एकत्र न होतां, कांहीं नियमित व सुव्यवस्थित रीतीनें बहुधा एकत्र होतात. यामुळें त्यांस हमचौक, मनोऱ्याचा, शंकूचा, भरींव किंवा लांबट अशा त्रिकोणाचा व चौकोनाचा, इत्यादि अगदीं नियमित असे भूमितीचे आकार प्राप्त होतात; आणि या सुबक आकाराच्या खड्यांस सृष्टिशास्त्रांत **स्फटिक** ही संज्ञा देतात. हिमाच्या कपळ्यांस सूक्ष्मदर्शकयंत्रांतून पाहिलें असतां त्यांसही असा स्फटिकरूप आकार असलेला दिसतो. बर्फ, खडीसाखर, स्फटिकमणी, तुरटी, सोरा, मीठ व दुसरे कित्येक पदार्थ स्फटिकीभवनाचीं प्रसिद्ध उदाहरणें आहेत. कृत्रिम रीत्या पदार्थास स्फटिकाचा आकार देण्याच्या दोन रीती आहेत:— ( १ ) शुष्करीति, आणि ( २ ) आर्द्ररीति. पहिल्या रीतीनें स्फटिकीभवन करणें झाल्यास, पदार्थास वितळवून त्या द्रवांस सावकाश शीत होऊं देतात. ज्या भांड्यांत ही कृति करितात, त्याच्या आंतल्या बाजूवर स्फटिकांचा थर जमतो. सर्व द्रव घन होण्यापूर्वीं द्रवास भांड्यांतून ओतलें, तर हे बाजूवरचे स्फटिक चांगले दिसतात. गंधक, बिस्मथ, आणि दुसरे पुष्कळ धातु याप्रमाणें सहज स्फटिकीभवन पावतात. दुसऱ्या रीतीनें स्फटिक करणें झाल्यास ज्याचे स्फटिक करणें असतील, त्या पदार्थास

आ० ३४.



कढत पाण्यांत विद्रुत करून त्याचा संपृक्त द्रव तयार करितात; व त्यास सावकाश शीत होऊं देतात. येणेंकरून पदार्थाचे स्फटिक भांड्याच्या बाजूवर जमतात. ज्या मानानें स्फटिकीभवन जास्त सावकाश होईल त्या मानानें स्फटिक मोठे व चांगले बनतात. याच रीतीनें खडीसाखर व क्षार यांचें स्फटिकीभवन करितात. या रीतीनें केलेले तुरटीचे स्फटिक आ० ३४ मध्यें दाखविले आहेत.

**४३. द्रवण किंवा विक्लेदनः**—जेव्हां घन पदार्थाचे अणु व द्रवाचे अणु यांमधील परस्पर आकर्षणामुळें द्रवांत घन पदार्थ घातल्यानें त्यास द्रवरूप येतें, तेव्हां तो पदार्थ द्रवांत विद्रुत झाला असें ह्मणतात, आणि झालेल्या द्रवास **द्रवण** किंवा **विक्लेदन** ह्मणतात; व ज्या द्रवांत विद्रुत झाला त्या द्रवास **द्रावक पदार्थ** ह्मणतात. डिंक, साखर, आणि बहुतेक क्षार पाण्यांत विद्रुत होतात. मेण पाण्यांत विद्रुत होत नाहीं, परंतु टर्पेन्टाइन तेलांत विद्रुत होतें. द्रवाचें उष्णमान जसें जास्त असेल, त्याप्रमाणें त्यांत जास्त वजनाचा पदार्थ विद्रुत होतो. खालील कोष्टकांत निरनिराळ्या उष्णमानावर १०० भाग पाण्यांत किती भाग क्षार विद्रुत होतात हें दिलें आहे:—

| उष्णमान. | साधें मीठ. | सोर मीठ. | पोट्यासियम क्लोराइड. | मोरचूद. | जस्ताचा सल्फेट. |
|---|---|---|---|---|---|
| ०° श. | ३६ | १३ | २९ | ३२ | ११५ |
| २०° ,, | ३७ | ४२ | ३५ | ४२ | १६१ |
| १००° ,, | ३९ | २०३ | ५६ | २०३ | ६५४ |

विवक्षित उष्णमानावर जेवढा पदार्थ विवक्षित द्रवांत विद्रुत होऊं शकेल, तेवढा विद्रुत झाला, ह्मणजे त्या द्रवणास **संपृक्त** किंवा **परिप्लुत द्रवण** ह्मणतात.

द्रवीभवनाप्रमाणेंच द्रवण होतांनाही बरीच उष्णता नेहमीं गुप्त होते; आणि ह्मणूनच पदार्थास द्रवांत विद्रुत केल्यानें त्याचें नेहमीं उष्णमान उतरतें. तथापि कित्येक वेळां उष्णमान न उतरतां खरोखरच चढतें. उदाहरणार्थ दाहक पोट्याश या पदार्थास पाण्यांत विद्रुत केलें, ह्मणजे दोहोंमध्यें रसायनकार्य

घडल्यामुळें उष्णमान चढतें. अशा वेळीं द्रवांत घनपदार्थ विद्रुत होत असतां एकाच वेळीं दोन परस्पर उलट क्रिया घडतात. घन पदार्थाचें द्रवरूपांत जाणें, ही एक क्रिया होय. या कृतीनें नेहमीं उष्णमान उतरतें. विद्रुत झालेल्या पदार्थांचा द्रवाशीं रसायनसंयोग होतो. ही दुसरी क्रिया घडते. इतर रसायनसंयोगाप्रमाणें या क्रियेनें उष्णमान वाढतें; ह्मणून या दोन परिणामांपैकीं पहिला किंवा दुसरा बलवत्तर असेल; किंवा दोनही समान असतील; त्याप्रमाणें उष्णमान चढेल किंवा उतरेल किंवा मूळचेंच राहील.

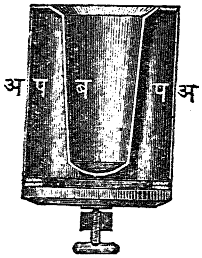
**४४. शीतताजनक मिश्रणें:—**घनपदार्थ द्रवरूपांत जातांना उष्णता शोषण करितात; या गोष्टीचा कृत्रिम रीतीनें शीतता उत्पन्न करण्यास उपयोग करितात. ज्या दोन पदार्थांमध्यें परस्पर रसायनप्रीति आहे, व ज्या दोहोंपैकीं निदान एक तरी घन आहे, असे, उदाहरणार्थ पाणी व मीठ, किंवा आसिड व क्षार, अशा जोड्या शीतता उत्पन्न करण्यास घेतात. रसायनप्रीतीनें द्रवीभवन जलद होतें. जो भाग वितळतो, तो बाकी मिश्रणांतील पुष्कळ उष्णतेस शोषण करितो, व ती उष्णता गुप्त होते. पुष्कळ वेळां या रीतीनें फार उष्णमान उतरवितां येतें.

जे पदार्थ घ्यावयाचे त्यांस प्रथमतः शीत केलें असलें ह्मणजे याहूनही फारच नीच उष्णमान उत्पन्न करितां येतें.

रसायनशास्त्रांत, सृष्टिशास्त्रांत, आणि गृहकृत्यांत शीतताजनक मिश्रणाचा अनेक वेळां उपयोग करितात. दोन किंवा तीन पौंड–अशा बऱ्याच मोठ्या मिश्रणाचा उपयोग केला, व त्यांस एकमेकांत चांगलें मिसळलें ह्मणजे उत्तम परिणाम होतो. एकामागून एक अशा या क्रिया करण्यासाठीं यंत्राचा उपयोग केल्यानेंही फायदा होतो.

हवें तिकडे नेतां येण्याजोगें एक छोटें बर्फ करण्याचें यंत्र अलीकडे फार प्रचारांत आलें आहे. तें आकृति ३५ मध्यें दाखविलें आहे. आमोनियाचा नैट्रेट हा क्षार पाण्यांत विद्रुत करून जी पुष्कळ शीतता उत्पन्न करितां येते,

आ० ३५.




तिनें या यंत्रांत पाण्याचें बर्फ करितात. एका धातूच्या **अ** पंचपात्रांत **ब** हें धातूच्या पातळ पत्र्याचें शंकाकार दुसरें भांडें असें बसविलेलें असतें कीं, **अ** च्या आंतील पोकळीचे बरोबर दोन भाग होतात. **ब** हा शंकू वरच्या बाजूस उघडा असतो, व त्याच्या सभोंवतीं **प प** कंकणाकार अवकाश असतो, व त्याच्या खालींही पोकळी असते. **ब** भांड्यांत $\frac{1}{2}$ उंचीचें पाणी भरतात. त्याच्या सभोंवतीं एक रबराची वादी लावून त्यावर स्क्रूनें लांकडी झांकण गच्च बसवितात. **ब** भांडें बंद करून **प** अवकाश अर्धा आमोनिया नैट्रेट या क्षारानें भरतात, व सर्व भांडें भरेपर्यंत त्यांत पाणी मिळवितात. नंतर **अ** भांड्यावरील लांकडी झांकण पक्कें बसवून सर्व यंत्र आंसावर गरगरां आठ किंवा दहा मिनिटें फिरवितात. ह्मणजे **ब** भांड्यांत पारदर्शक बर्फाचा पोकळ शंकू बनतो, आणि याच्या पोकळींत नेहमीं थोडें पाणी असतें. **ब** भांड्यांत पाण्याच्या जागीं दुसरीं मिश्रणें घातलीं, तर तींही याच रीतीनें सहज गोठतात. **अ** भांड्यांतील द्रव आटविल्यानें पुनः उपयोगीं पडण्याजोगा क्षार मिळतो, व त्यानें हीच क्रिया पुनः करितां येते.

सोडियम सल्फेट, व हैड्रोक्लोरिक आसिड यांच्या मिश्रणापासूनही पुष्कळ शीतता उत्पन्न होते. यांत रासायनिक पृथक्करण होत असल्यानें मिश्रणाचा फक्त एकच वेळ उपयोग करितां येतो. दोन घन पदार्थ मिसळल्यानें त्यांपासून द्रव होत असला, ह्मणजे तशा मिश्रणापासून अत्यंत नीच उष्णमान उत्पन्न होतें. ह्मणूनच अच्छेर मीठ, आणि दीडशेर बर्फाचा चुरा यांच्या मिश्रणानें-२०° **श** पर्यंत उष्णमान उतरवितां येतें.

शीततजनक मिश्रण करण्यास स्फटिकरूप क्यालसियम क्लोराइड हा पदार्थ अत्यंत उपयोगी आहे. या क्षाराचे दहा भाग, बर्फाच्या सात भाग चुऱ्यांत मिसळले, ह्मणजे त्यापासून-५०° **श** हें नीच उष्णमान उत्पन्न होतें. येणेंकरून उत्पन्न झालेल्या क्षाराच्या द्रवास १२९° **श** उष्णमानावर कढूं लागेपर्यंत

## वाय्वीभवन, वायूचा स्थितिस्थापक जोर मापणें.

४५. **वाफ**—पारा, पाणी, आल्कोहोल, आणि ईथर यांसारख्या द्रवरूपी पदार्थांस उष्ण केलें ह्मणजे ते रूपांतर पावून त्यांचे जे वायुरूपी प्रवाही पदार्थ बनतात, त्यांस **वाफ** ह्मणतात. द्रवांच्या अंगीं त्यांपासून वाफ निघण्याचा जो धर्म आहे, त्यासंबंधानें द्रवांचे दोन वर्ग करितातः—**चपलद्रव** आणि **स्थिर-द्रव.** साधारण उष्णमानावर किंवा त्याहूनही कमी उष्णमानावर ज्या द्रवांच्या अंगीं वाफेच्या रूपांत आपोआप जाण्याचा कल असतो, त्यांस **चपलद्रव** ह्मण-तात. पाणी, ईथर, क्लोरोफार्म आणि आल्कोहोल हे या प्रकारचे द्रव होत. यांस उथळ भांड्यांत उघडें ठेविलें, तर जास्त किंवा कमी लवकर ते वाफेच्या रूपानें उडून जाऊन अदृश्य होतात. सृष्टींत आढळणारे अनेक द्रव या वर्गांत येतात. टर्पेंटाइन तेल, लव्हेंडर, गुलाबी अत्तर वगैरे द्रव याच वर्गांतील होत.

ज्या द्रवांपासून कोणत्याही उष्णमानावर वाफ निघत नाहीं, त्यांस **स्थिर-द्रव** ह्मणतात. भुयमुगाचें, करड्याचें, खोबऱ्याचें, व एरंडीचें हीं तेलें या वर्गांत येतात. यांस फार उष्ण केलें तर यांचें पृथग्भवन होऊन वायुरूपी पदार्थ उत्पन्न होतात. या तेलांपैकीं कित्येक वाळणारीं तेलें असतात, व हीं हवेंत उघडीं राहि-ल्यानें दाट होतात. परंतु हीं तेलें हवेंतील आक्सिजन वायूस शोषण करितात, व त्यामुळें त्यांमध्यें रासायनिक फेरफार घडतो, ह्मणून तीं दाट होतात. परंतु वाफ झाल्यामुळें हा फेरफार घडत नाहीं.

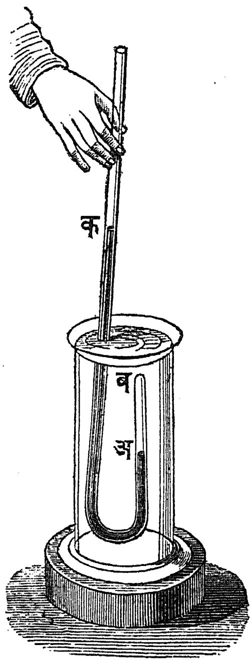
घनस्थितींत असलेल्याही कित्येक पदार्थांपासून वाफ निघते. बर्फ हा या प्रका-रचा पदार्थ आहे. हिंवाळ्याच्या शुष्क व थंड हवेंत जमिनीवर पडलेलें बर्फ व हिम न वितळतां आपोआप उडून जातें. आयोडीन, कापूर, व सुवासिक अत्तरें याचप्रमाणें वाफेच्या रूपानें उडतात. याप्रमाणें जे घनपदार्थ घनरूपांतून साक्षात् वायुरूपांत जातात, तेव्हां त्यांचें **फूल झालें** असें ह्मणतात, व या कृतीस **फूल होणें** ह्मणतात.

वाफ थिजून पाण्याचे सूक्ष्म गोलक हवेंत लोंबत असलेले असतात.

**४६. वाफेचा स्थितिस्थापक जोरः**—द्रवाच्या पृष्ठभागावर जी बाफ बनते, ती तिच्या स्थितिस्थापक जोरामुळें हवेच्या दाबास न जुमानतां वर जाते. परंतु हा जोर हवेच्या ह्मणजे वातावरणाच्या दाबापेक्षां कमी असतो. ह्मणून हवेंत उघडे असलेले द्रव फक्त सावकाश मात्र बाष्पभवन पावतात.

वाफेची स्थितिस्थापकशक्ति किंवा जोर पुढील प्रयोगावरून उघड होतो.

आ० ३६.




एका बाजूनें बंद केलेली अशी कांचेची नळी घेऊन तिचें बंद तोंड आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें वाकवावें (आ० ३६ पहा), व त्यांत पारा ओतून सर्व आंखूड भाग व कांहीं लांब भाग पान्यानें भरावा. नंतर ईथर या द्रवाचे एक दोन थेंब आंखूड भागांत घालवावे. ह्मणजे तो द्रव हलका असल्यामुळें पान्यावर **ब** ठिकाणीं चढेल. नंतर त्या नळीस सुमारें ४५° **श** उष्णमानाचें पाणी असलेल्या पंचपात्रांत बुडवावें ह्मणजे आंखूड भागांतील पारा सावकाश उतरेल, आणि **अब** भाग वायूनें भरेल, व तो वायु थेट हवेसारखा दिसेल. द्रवरूपी ईथरची वाफ होऊन झालेला हा वायु असतो, व तो आपल्या स्थितिस्थापकशक्तीनें **कअ** या पान्याच्या स्तंभास व **क** ठिकाणीं त्यावर असलेल्या हवेच्या दाबास तोलून धरितो.

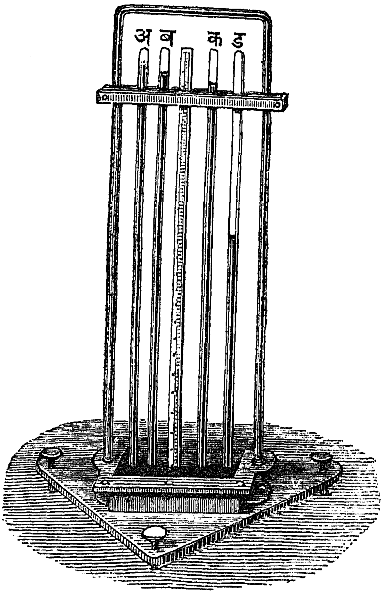
आतां पंचपात्रांतील पाण्यास शीत केलें, किंवा गरम पाण्यांतून नळी बाहेर काढिली, तर पारा आंखूड नळींत चढूं लागतो; आणि जो द्रवाचा थेंब बहुतेक अदृश्य झाला होता, तो पुनः दृश्य होतो. परंतु असें न करितां ज्या पाण्यांत नळी बुडविली होती, त्या पाण्यास आणखी उष्ण केलें, आणि त्यांत नळी बुडविली, तर पुनः पारा उतरूं लागून आंखूड नळींत पूर्वींपेक्षांही जास्त उतरतो. यावरून आणखी वाफ झाली, व तिचा स्थितिस्थापक जोरही वाढला, असें सिद्ध होतें. सर्व द्रवाची वाफ होईपर्यंत जसें उष्णमान वाढत जातें, त्याप्रमाणें वाफेचा जोर वाढत जातो हें उघड आहे.

ओलीं व वाळलेलीं लांकडें पेटत असतां कधीं कधीं त्यांतून ठिणग्या उडतात त्या, ज्वलन होत असतां लांकडाच्या छिद्रांत जे वायु व जी वाफ बनते, त्यांचा स्थितिस्थापक जोर वाढल्यामुळें होय. रताळें, बटाटें व दुसरीं फळें भाजावयाचीं असतां त्यांस नेहमीं थोडें दुखवितात; याचें कारण त्यांमध्यें जी वाफ उत्पन्न होते तिला बाहेर जाण्यास वाव मिळावा. नाहीं तर फळांमधील द्रवाच्या वाफेचा जोर इतका होतो कीं, त्यानें फळ फुटून त्याचे तुकडे जिकडे तिकडे उडतात.

**४७. रिक्तस्थळीं द्रवाची वाफः**—मागच्या प्रयोगांत द्रव सावकाश वाफेच्या रूपांत गेला. हवेंत द्रवास उघडें ठेविलें तर ह्याच प्रकार घडतो. दोन्ही ठिकाणीं वाफ होण्यास हवेचा अडथळा असतो. निर्वात स्थळीं वाफ होण्यास कशाचा प्रतिबंध होत नाहीं, ह्मणून वाफ तत्काळ होते, हें पुढील प्रयोगावरून दिसून येईल. भारमापकाच्या चार नळ्या पाऱ्यानें भरून एका लांबट भांड्यांतील पाऱ्यांत उपड्या करून एकमेकांजवळ रांगेनें ठेवाव्या (आ० ३७). यांपैकीं पहिली **अ** नळी शुद्ध व कोरड्या पाऱ्यानें भरलेली ठेवून इतर नळ्यांतील दाब मापण्यास तिचा भारमापकाप्रमाणें उपयोग करावा. बाकीच्या **ब, क, ड** या तीन नळ्यांत पाणी, आल्कोहोल, व ईथर यांचे थोडे थेंब सारावे. हे द्रव नळ्यांतील वरच्या रिक्त स्थळीं पोंचतांच एकदम पारा उतरतो. द्रवाच्या वजनानें हा पारा उतरणार नाहीं. कारण जेवढा पारा उत-

रतो, त्याच्या वजनाच्या मानानें नळींत गेलेल्या द्रवाचें वजन फार थोडें भरेल, व त्यानें पारा उतरणार नाहीं. ह्मणून प्रत्येक नळींत द्रवाची कांहीं वाफ होऊन त्या वाफेच्या स्थितिस्थापक जोरानें पारा उतरतो यांत संशय नाहीं. **क** नळींतल्या पेक्षां **ड** नळींत जास्त पारा उतरला आहे; आणि **ब**च्यापेक्षां **क** नळींत जास्त पारा उतरला आहे. यास्तव असें अनुमान करितां येतें कीं, समान उष्णमान असतां ईथरच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर आल्कोहोलाच्या वाफेच्या जोरापेक्षां जास्त आहे आणि आल्कोहोलाच्या वाफेचा जोर पाण्याच्या वाफेच्या जोरापेक्षां जास्त आहे. तिन्ही नळ्यांत पारा किती किती उतरला आहे, हें मानपट्टीनें मापिलें, तर असें कळेल कीं, २०° **श** उष्णमानावर ईथरच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर पाण्याच्या वाफेच्या २५ पट असतो; आणि आल्कोहोलाच्या वाफेचा जोर पाण्याच्या चौपट असतो. या प्रयोगावरून बाष्पीभवनाविषयीं, ह्मणजे वाफ होण्याविषयीं खालील नियम निघतात:—

आ. ३७.



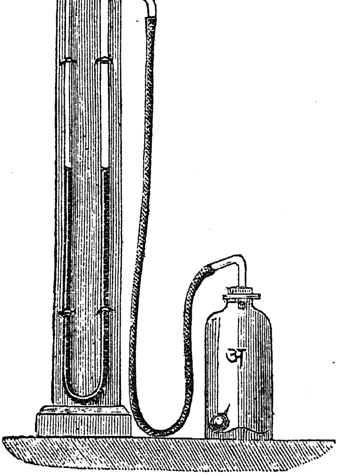

**(१) निर्वात स्थळीं सर्व चपल द्रवांची वाफ तत्काळ होते.**

**(२) समान उष्णमानावर भिन्न भिन्न द्रवांच्या वाफेच्या अंगीं भिन्न भिन्न स्थितिस्थापक जोर असतो.**

**४८. वाफ होण्याची व तिचा दाब वाढण्याची मर्यादा. संपृक्त किंवा परिप्लुत अवकाशः**—साधारण किंवा उच्च उष्णमानावर विवक्षित अवकाशांत जी वाफ होऊं शकते, तिला नेहमीं कांहीं मर्यादा असते. त्या मर्यादेस वाफ पोंचली, ह्मणजे पुढें त्याच उष्णमानावर मुळींच वाफ होत नाहीं. वरील प्रयोगांतील नळ्यांत आणखी थोडथोडा द्रव सारीत गेलें, तर कांहीं वेळानें नळ्यांतील पारदस्तंभावर वाफ न होतां कांहीं द्रव तसाच राहतो, आणि पारा उतरण्याचें बंद होतें. कदाचित् कांहीं वाफ होण्यास वाव असला तर तेवढी वाफ होऊन एकदां पारा उतरतो, व त्यानंतर उतरत नाहीं. आतां तिन्ही नळ्यांत वाफ होण्यास द्रव असतां जास्त वाफ होत नाहीं व पारा उतरत नाहीं, अशी स्थिति झाल्यावर कांहीं आठवडेपर्यंत जरी वाट पाहिली, आणि जर उष्णमान वाढलें नाहीं तर नळींतील पान्यावरील द्रव जशाचा तसा राहील, आणि पारा जास्त उतरणार नाहीं. यावरून हें उघड आहे कीं, विवक्षित उष्णमान असतां विवक्षित अवकाशांत कांहीं परिमाणाची वाफ झाल्यावर आणखी नवी वाफ होत नाहीं, आणि वाफेचा स्थितिस्थापक जोरही वाढत नाहीं. ही जी वाफेची स्थिति होते तिला **परमदार्ढ्याची** किंवा **महत्तमदार्ढ्याची स्थिति** असें ह्मणतात. या वेळीं वाफेचा **महत्तमजोर** झालेला असतो.

विवक्षित अवकाशांत विवक्षित उष्णमानावर जितकी वाफ राहूं शकेल, तितकी जमली ह्मणजे तो अवकाश **संपृक्त** किंवा **परिप्लुत** झाला असें ह्मणतात. उदाहरणार्थ शुष्क हवेनें भरलेल्या कुपींत थोडें पाणी घातलें आणि कुपी अगदीं बंद करून ठेविली, तर तिजमधील कांहीं पाण्याची वाफ सावकाश होते; आणि जेव्हां नवीन झालेल्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर आणखी नव्या होणाऱ्या वाफेच्या जोराइतका होतो तेव्हां वाफ होण्याचें बंद होतें, आणि अवकाश **संपृक्त** किंवा **परिप्लुत** होतो.

**४९. सवात व निर्वातस्थळीं सारख्या परिमाणाची वाफ होते व राहते.** समान उष्णमान असतां विवक्षित अवकाशास संपृक्त करण्यास ज्या परिमाणाची वाफ लागते, ती तिच्या स्थितिस्थापक जोराच्या प्रमाणांत असते, आणि अवकाश निर्वात किंवा सवात असला तरी हें परिमाण




शुष्क हवेनें भरलेली आहे. एका लवचिक रबरी नळीनें तिला पाऱ्याच्या वैरल्य मापकाशीं जोडलेलें आहे ( पू. भाग१ कलम १३७ पहा ). **अ** कुपींत फार पातळ बाजूचा कांचेचा फुगा पाण्यानें किंवा त्याहून जास्त चपल द्रवानें भरलेला आहे. कुपीस हालवून या फुग्यास फोडिलें, ह्मणजे त्यांतील द्रवाची वाफ होते, आणि तिच्या स्थितिस्थापक जोरानें वैरल्यमापकांतील पारा उतरतो. प्रयोगाच्या आरंभीं पाऱ्याची उंची किती होती, व आतां किती आहे, हें पाहिलें, ह्मणजे दोहोंमधील अंतर कुपींतील द्रवाच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर दर्शवितें. हा जोर आणि आ० ३७ मध्यें दाखविलेल्या यंत्रानें याच द्रवाच्या वाफेचा प्रयोग करून काढलेला स्थितिस्थापक जोर हे सारखेच असतात. हवेंत जी द्रवाची वाफ होते, व निर्वात स्थळीं जी वाफ होते, या दोहोंमध्यें अंतर एवढेंच असतें कीं, हवेंत बाष्पभवन सावकाश चालतें आणि निर्वात स्थळीं तत्काळ होतें. अवकाश निर्वात किंवा सवात असला, तरी समान आकारमानाच्या अवकाशास संपृक्त करण्यास सारख्याच परिमाणाची वाफ लागते. तथापि सवात किंवा निर्वात असलेल्या विवक्षित आकारमानाच्या अवकाशास संपृक्त करण्यास **भिन्नभिन्न उष्णमानावर भिन्नभिन्न** परिमाणांची वाफ लागते. उष्णमान जसें उच्च असेल, त्याप्रमाणें अवकाशाची वाफ धारण करण्याची शक्ति जास्त असते, व यामुळें विवक्षित अवकाशांत उच्च उष्णमानावर जास्त परिमाणाची वाफ असते, व

तिचें दार्ढ्यही जास्त असतें. परंतु उष्णमान नीच असल्यास धारणाशक्ति कमी झाल्यामुळें विवक्षित अवकाशास संपृक्त करण्यास कमी परिमाणाची वाफ बस होते.

हवेमध्यें जी पाण्याची वाफ असते, ती नेहेमींसारख्या परिमाणाची नसून फार भिन्न भिन्न परिमाणाची असते. समुद्र, सरोवरें, नद्या, यांच्या पृष्ठभागां-पासून जरी अत्यंत बाष्पभवन चालत असतें, तरी वातावरणाच्या नीच प्रदेशां-तील हवा क्वचितच अगदीं संपृक्त झालेली असते. जेव्हां अतिशय पाऊस पडून जिकडेतिकडे जलमय होतें, तेव्हां सुद्धां खालची हवा अगदीं संपृक्त होत नाहीं. याचें कारण असें आहे कीं, पाण्याची वाफ हवेहून हलकी असल्यामुळें वातावरणाच्या उच्च प्रदेशीं चढते, व तेथें शीत होऊन थिजते, आणि पर्ज-न्याच्या रूपानें खालीं पडते. जेव्हां फार धुकें पडतें, तेव्हां मात्र हवा संपृक्त झालेली असते.

**५०. बाष्पभवन आणि तें वाढण्याचीं कारणें:**—वाष्पीभवन ह्मणजे वाफ होणें या सदराखालीं जलद किंवा सावकाश, सवात किंवा निर्वात स्थळीं, अशा कोणत्याही स्थितींत जी वाफ उत्पन्न होते, तिचें हा वेळपर्यंत साधारण वर्णन केलें. परंतु चपल द्रव हवेंत उघडे असले, ह्मणजे त्यांच्या पृष्ठभागांपा-सून जी वाफ सावकाश निघते, त्या क्रियेसच **बाष्पभवन** हें नांव विशेषें-करून देतात. या बाष्पभवनामुळेंच एकाद्या तळ्याचें पाणी हळू हळू आटतें, आणि त्यांत जर जीवंत झऱ्याचें पाणी येत नसेल, तर तें तळें अगदीं कोरडें पडतें. याच कारणानें पाऊस पडून ओली झालेली जमीन वाळून घट्ट व खडखडीत होते, व ओले कपडे वाळतात. द्रवाचें बाष्पभवन अनेक कारणांनीं जलद चालतें. त्याचें उष्णमान, सभोंवतालच्या हवेंत त्याच द्रवाच्या वाफेचें परिमाण, या वाफेचें द्रवावरून दुसरीकडे जाणें, व द्रवाच्या पृष्ठभागाचें क्षेत्र, यांवर बाष्पभवन मुख्यत्वें अवलंबून असतें. या प्रत्येक कारणाचा थोडा थोडा विचार करूं.

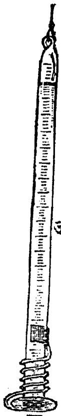
**उष्णमानाचा परिणाम:**—बाष्पभवन होण्यास उष्णता मुख्य कारण असल्यामुळें, जसजसें उष्णमान वाढतें, त्याप्रमाणें बाष्पभवनही विपुल होतें.

वाळविण्यासाठीं या धर्माचा उपयोग करितात. ज्या खोल्यांचीं ३०° श, ४०° श, ६०° श आणि कधीं कधीं १००° श अशीं उष्णमानें ठेविलेलीं आहेत, व ज्यांतील उत्पन्न झालेली वाफ घालविण्याकरितां वरचेवर त्यांत नवी हवा घेण्याची योजना केलेली आहे, अशा खोल्यांत पदार्थांस ठेवून त्यांतील द्रवांच्या बाष्पभवनानें त्यांस वाळवितात.

**दाबाचा परिणामः**—द्रवाच्या पृष्ठभागापासून वाफ निघण्यास वातावरणाच्या दाबाचा अडथळा असतो, असें आपणास मागें समजलें आहे. याकरितां पृष्ठभागावरील हा दाब जसा कमी करावा, त्या मानानें त्यापासून वाफ जास्त विपुल होत जाईल. जेथें दाब कमी असतो, तेथें खरोखरच द्रवांचें बाष्पभवन जास्त जलद चालतें. उंच प्रदेशीं हवेचा दाब कमी असतो, ह्मणून त्या ठिकाणीं बाष्पभवन जास्त जोरानें चालतें. येथल्याहून महाबळेश्वरीं, व महाबळेश्वराहून नीलगिरी पर्वतावर वस्त्रें लवकर वाळतात, आणि हिंवाळ्यांत रात्रीं बाष्पभवन अप्रतिबंधित घडल्यामुळें कित्येक झाडांचीं पानें करपून जातात. साखर करण्याच्या कारखान्यांत रसांतील किंवा त्यापासून केलेल्या राबीच्या सरबतांतील पाणी घालवून त्याचा आकार कमी करण्याकरितां सरबतास मोठ्या व गोल मेघडंबरी भांड्यांत घालून, त्यांतील हवा वाफेनें चालणाऱ्या मोठ्या वाताकर्षक यंत्रानें काढून घेतात. येणेंकरून सरबतावरील दाब कमी झाल्यानें त्यांतील पाण्याचें बाष्पभवन जलद चालतें, व शिरका हवा तितका अल्पकाळांत व कमी उष्ण मानावर दाट होतो व त्याचें स्फटिकीभवन चांगलें होतें.

ज्या मानानें पाण्याचें बाष्पभवन होतें तें मान **बाष्पभवनमापक**

आ० ३९.




यंत्रानें काढितां येतें ( आ० ३९ पहा ). हें यंत्र एका बाजूनें बंद अशा ९ इंच लांब व ३/४ इंच व्यासाच्या कांचेच्या **अ** नळीचें केलेलें असतें; व या नळीवर भाग पाडलेले असतात. ही नळी पाण्यानें भरून तळावर जाड टिपण्याचा कागद **व** लावून बंद केलेली असते; नळीभोंवतीं एक पितळेची कमान असते. तिच्या टोंकाचा कागदाच्या चकतीवर दाब पडून ती बुडावर गच्च चिकटून राहते. चकतीनें शोषण केलेल्या पाण्याचें बाष्पभवन होतें. चकतीच्या ज्या क्षेत्रावर पाणी आहे, तें क्षेत्र नळीच्या पोकळीवरून समजतें. विवक्षित काळांत पाण्याची उंची किती कमी झाली आहे, हें मापून त्या काळांत किती आकारमानाच्या पाण्याची वाफ झाली हें एकदम काढतां येतें. हें यंत्र सावलींत उघड्या हवेंत टांगून ठेवितात, व त्याजवळ आर्द्र बोंडाचें उष्णमापक ठेवितात. या यंत्रानें विवक्षित काळांत किती पाण्याची वाफ होते, हें समजतें. लंदन येथें एका वर्षांत सुमारें दोन फूट उंचीच्या पाण्याच्या स्तंभाची वाफ होते, असें या यंत्रावरून गणित करून काढण्यांत आलें आहे.

**हवेच्या चलनाचा परिणामः**—जो अवकाश त्याच द्रवाच्या वाफेनें संपृक्त झाला आहे, त्या अवकाशांत मुळींच बाष्पभवन चालणार नाहीं; आणि ज्या हवेंत त्या द्रवाची वाफ मुळींच नसेल, त्या हवेंत बाष्पभवन महत्तम ह्मणजे परमावधीचें घडेल. या दोन मर्यादांमध्यें ज्या मानानें सभोंवतालची हवा त्याच वाफेनें जास्त किंवा कमी भरलेली असेल, त्या मानानें बाष्पभवन जास्त किंवा कमी जलद चालेल.

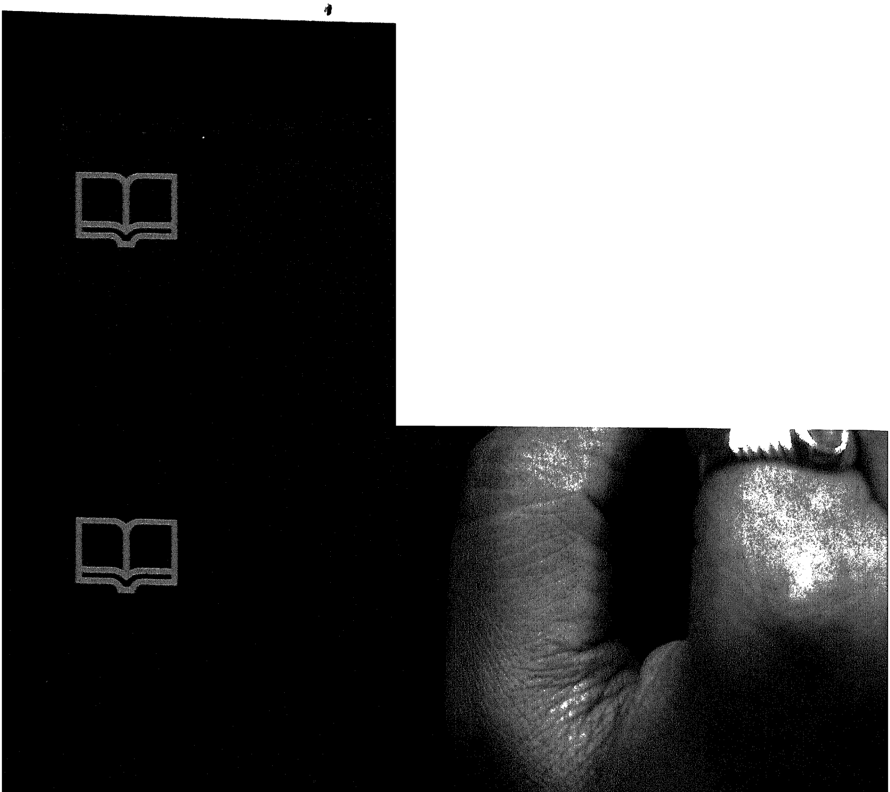
यावरून पृष्ठभागावरील हवेचें वरचेवर चलन झाल्यानें जे परिणाम घडतात, ते सहज उघड होतील. कारण, द्रवावरची व सभोंवतालची हवा किंवा वायु चलन न पावल्यास, ती हवा किंवा तो वायु लवकरच संपृक्त होईल, आणि बाष्पभवन थांबेल. ह्मणूनच वारा वहात असला, ह्मणजे जमिनीच्या सन्निध

जमीन व पाण्याची साठी पुष्कळ काळ रा-
हतो. एक तर झाडीमुळें सूर्याची उष्णता पाण्यास कमी पोंचते, व त्या ठिकाणीं वारा खेळत नसल्यानें तेथें जमलेली पाण्याची वाफही निघून जात नाहीं, ह्मणून बाष्पभवन सावकाश चालतें. हिंवाळ्यांत थंडीमुळें हवेंत पाण्याची वाफ कमी असते, ह्मणून त्या दिवसांत बाष्पभवन जास्त जोरानें चालतें; आणि जमिनी व वस्त्रें लौकर वाळतात, व अंगही तडतडतें.

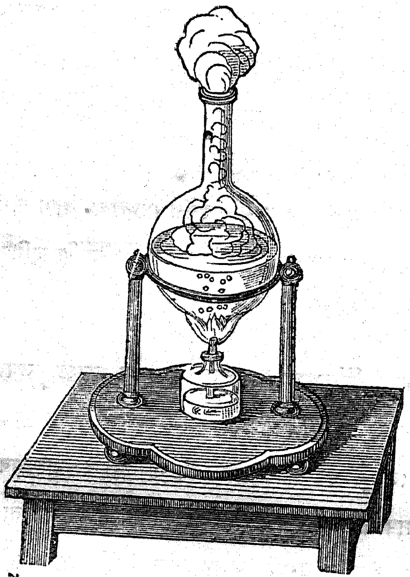
**पृष्ठभागाच्या क्षेत्राचा परिणामः**—जसा पृष्ठभाग जास्त उघडा असेल, त्याप्रमाणें जास्त बिंदूंपासून वाफ निघत राहील. ह्मणूनच द्रव आटवावयाचा असला ह्मणजे उथळ व रुंद भांड्यांत ठेवून त्याचें बाष्पभवन होऊं देतात. समुद्राच्या पाण्यापासून मीठ काढण्याच्या कृतींत हेंच करितात. समुद्राचे भरतीचें पाणी मोठ्या; रुंद, व उथळ अशा वाफ्यांत घेतात. त्याचें बाष्पभवन सूर्याच्या उष्णतेनें पुष्कळ बिंदूंपासून सावकाश चालतें; आणि जेव्हां पाणी आटून मिठानें संपृक्त होतें, तेव्हां मीठ पृष्ठभागीं आपोआप बनूं लागतें; मग तें फावड्यांनीं काढून घेतात.

**५१. कढणें**:—द्रवाच्या समुदायांत वाफेचे स्थितिस्थापक बुडबुडे जेव्हां भराभर उत्पन्न होतात, तेव्हां त्या क्रियेस **कढणें** असें ह्मणतात.

पाण्यासारखा एखादा द्रव भांड्यांत भरून त्यास बुडाशीं उष्ण केलें, ह्मणजे जी



आ० ४०.



हवा पूर्वी पाण्यानें शोषण केली होती, त्या हवेचे बुडबुडे प्रथमतः निघतात. नंतर भांड्याचा तळ उष्ण झाल्यामुळें त्यासन्निध असलेल्या पाण्यापासून वाफेचे लहान लहान बुडबुडे निघूं लागतात. ते बुडबुडे वरच्या थरांत चढून तेथील कमी उष्णमानामुळें पृष्ठभागीं पोंचण्यापूर्वीच थिजतात. हे पहिले बुडबुडे वरचेवर उत्पन्न होऊन असे थिजले जातात, ह्मणून सर्व पाणी सळसळून कढूं लागण्यापूर्वी पाण्यास आधण येऊन तें वाजूं लागतें. शेवटीं मोठमोठे बुडबुडे द्रवांतून चढून पृष्ठभागीं येतात, व तेथें फुटतात. असें होऊं लागलें ह्मणजे पाणी कढूं लागलें असें ह्मणतात (आ० ४० पहा).

**५२. कढण्याचे नियमः**—प्रत्यक्ष प्रयोगांवरून खालीं दिलेले कढण्याचे नियम काढण्यांत आलेले आहेत:—

**(१) कढण्याचें उष्णमान किंवा कढण्याचा बिंदु हवेच्या दाबाप्रमाणें कमजास्त असतो.**

**(२) विवक्षित दाब असतां नेहमीं विवक्षित उष्णमानावरच कढण्याची क्रिया सुरू होते, आणि तें उष्णमान भिन्न भिन्न द्रवांचें भिन्न भिन्न असतें. परंतु समान दाब असतां एकाच द्रवाचें कढण्याचें उष्णमान नित्य एकच असतें.**

**(४) जेव्हां द्रवाच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर त्याच्या पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबाबरोबर होतो; तेव्हां द्रव कढूं लागतो.**

हवेच्या साधारण दाबाखालीं पाणी १००° **श** उष्णमानावर बहुधा कढूं लागतें. पाण्यास कितीही तीव्रतेची उष्णता लाविली, तरी कढत्या पाण्याचें उष्णमान याहून जास्त वाढत नाहीं (आ० ४० पहा). उत्पत्तिस्थानाचें उच्च उष्णमान असलें तर पाण्याची वाफ फार लवकर होते, एवढाच कायतो परिणाम घडतो. ह्मणून जी उष्णता द्रवांत जाते, ती सर्व उष्णता द्रवापासून बनलेल्या वाफेंत शोषिली जाते. परंतु या वाफेचेंही उष्णमान १००° **श**च असतें. ह्मणून जी उष्णता शोषिली जाते, तिनें वाफेचें उष्णमान वाढत नाहीं. परंतु फक्त वाफेस उत्पन्न करण्यामध्यें ती खर्च होते. ह्मणजे पदार्थास द्रवरूपांतून वायुरूपांत नेण्याचें काम ती करिते. ही क्रिया द्रवीभवनासारखीच घडते (कलम ४० पहा). कढण्याची क्रिया चालत असतां जी उष्णता अदृश्य होते, तिजविषयीं वाय्वीभवनाची गुप्त उष्णता या सदराखालीं पुढें विचार करण्यांत येईल (कलम ५७ पहा).

## हवेच्या दाबाइतक्या दाबाखालीं कित्येक द्रवांचे कढण्याचे बिंदु.

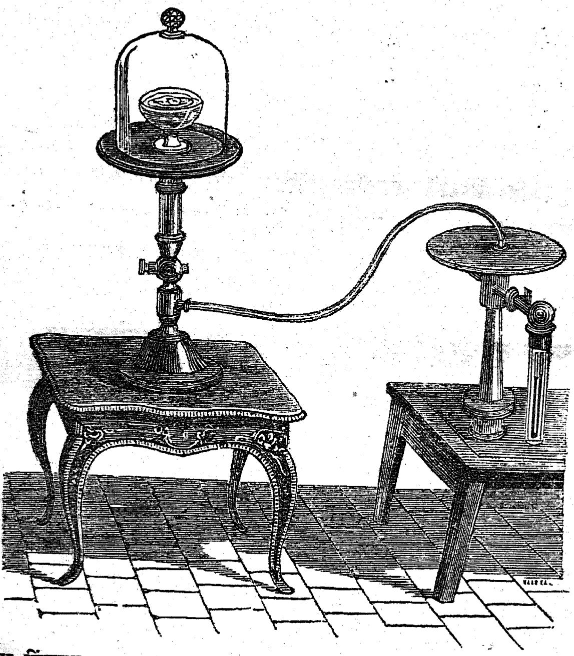
| | | | |
|---|---|---|---|
| सल्फ्यूरस आसिड | ...−१०° **श** | टर्पेनटाईन | ...१६०° **श** |
| ईथर ... ... | ...+३७° ,, | तीव्र सल्फ्युरिक आसिड | ३२५° ,, |
| कार्बोन द्विसल्फाईड | ... ४८° ,, | पारा ... ... | ...३५०° ,, |
| ब्रोमीन... ... | ... ६३° ,, | गंधक ... ... | ...४४७° ,, |
| आल्कोहोल ... | ... ७८° ,, | क्याडमियम ... | ...७७०° ,, |
| शुद्धपाणी ... | ...१००° ,, | जस्त ... ... | ...९३०° ,, |

**५२. कढण्याचा बिंदुः**—द्रवांत विद्रुत असलेले पदार्थ, द्रवावरील

द्रवापेक्षा कमी
चपल असला, तर ज्या मानानें तो द्रवांत जास्त किंवा कमी विद्रुत झाला असेल त्या मानानें द्रवाच्या कढण्यास प्रतिबंध होतो. जें पाणी शुद्धावस्थेंत १००° **श** उष्णमानावर कढतें, तेंच मिठानें संपृक्त झालेलें असलें, ह्मणजे त्याचें उष्णमान १०९° **श** होईपर्यंत कढूं लागत नाहीं.

**दाबाचा परिणामः**—द्रवावर जो दाब असतो, त्याचा द्रवाच्या कढ-

आ० ४१.

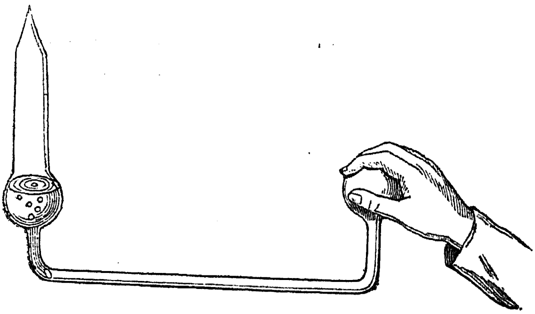


ण्याच्या बिंदूवर फार महत्वाचा परिणाम घडतो. जसा दाब जास्त असेल,

च्या वाफेचा जोरही फार लागणार नाहीं, व यामुळें कमी उष्णमानावर कढणें सुरू होईल. हवेचा दाब कमी केला तर पाण्यास साधारण उष्णमानावर कढवितां येईल. हा प्रयोग करण्यासाठीं जी यंत्राची जोडाजोड लागते, ती आ० ४१ मध्यें दाखविली आहे. वाताकर्षकाच्या घंटाकृति ग्राहकांत पाण्याचा पेला ठेवून ग्राहकास रितें केलें, ह्मणजे पाणी कढूं लागतें. कढण्याची क्रिया पुष्कळांस दिसावी ह्मणून घंटाकृतिग्राहक वाताकर्षकाशीं नळीनें जोडलेल्या एका बैठकीवर आकृतींत बसविलेला आहे. वाताकर्षकानें ग्राहकांत रिक्तता उत्पन्न केली, किंवा त्यांतील हवा बरीच विरल केली, ह्मणजे पाणी कढूं लागतें, व पुष्कळ वाफ निघते. तथापि पाण्याचें उष्णमान वाढत नाहीं. उलट कढण्यामुळें पाण्यांतील पुष्कळ उष्णता त्यांतून निघालेल्या वाफेंत गुप्त होते, व या कढण्यामुळें पाणी थंड होतें.

कढण्यावर जो दाबाचा परिणाम घडतो, तो **फ्रांक्लिन** याच्या प्रयोगानेंही दाखवितां येतो. एक फुगा व एक मोठ्या भोंकाची नळी यांस एका बारिक नळीनें जोडून हें यंत्र केलेलें असतें (आ० ४२ पहा). नळीचें तोंड वितळवून बारिक

आ० ४२.

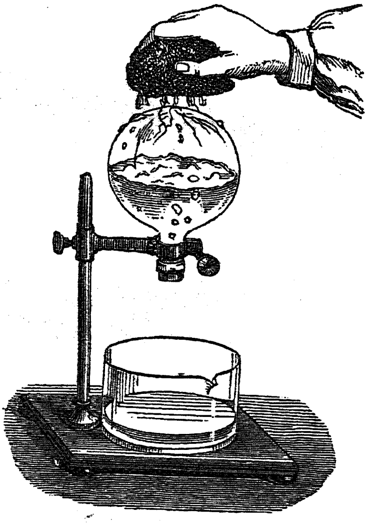


करितात, आणि तिजमध्यें पाणी भरतात. नंतर मद्यार्काच्या दि[illegible]

वाफ आहे, तिचा साधारण उष्णमानावर जेवढा दाब असेल, तेवढा मात्र नळींत आहे. परंतु साधारण उष्णमानाबर पाण्याच्या वाफेचा दाब फार कमी असतो, ह्मणून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें फुगा हातांत धरिला, तर हाताच्या उष्णतेनें वाफेचा दाब वाढून सर्व पाणी नळींत लोटलें जाईल, व पाणी सडकून कढूं लागेल.

कढण्याचा बिंदु दाबावर अवलंबून असतो, ही गोष्ट एका साध्या प्रयोगानें दाखवितां येते. एका फ्लास्कांत कांहीं वेळ पाणी कढवावें; आणि पाण्यावरील सर्व हवा जाऊन पाण्यावरील पोकळी वाफेनें भरली, ह्मणजे दिव्यत्वरून फ्लास्क काढून त्यास बूच गच्च बसवावें, आणि आ० ४३ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें त्यास पालथें ठेवावें. आतां त्याच्या बुडावर स्पंजानें थंड पाणी पिळून त्यास शीत केलें, ह्मणजे पाणी पुनः सडकून कढूं लागतें. फ्लास्कांतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर जी पाण्याची वाफ असते, ती थिजून अंशतः निर्वातता उत्पन्न होऊन दाब कमी होतो. ह्मणून पाणी कढूं लागतें.

आ० ४३



वातावरणांत जसें उंच जावें, त्याप्रमाणें हवेचा दाब कमी होतो, आणि हवेचा दाब कमी झाला ह्मणजे पाणी कमी उष्णमानावर कढतें. याकरितां उंच पर्वताव[illegible] पाटीपेक्षां पाणी कमी उष्णमानावर कढलें पाहिजे; आणि खरो-

कढतें. ११००० फूट उंचीच्या **क्वीटो** या शिखरावर ९०° **श** उष्णमानावर कढतें. आणि ४५०० फूट उंचीच्या महाबळेश्वर या शिखरावर सुमारें ९६° **श** उष्णमानावर पाणी कढतें. याप्रमाणें उंच पर्वतावर पाणी कमी उष्णमानावर कढतें. ह्मणून फार उंच ठिकाणीं अन्नादि पाकक्रिया करण्यास मोठी अडचण पडते. कारण ९०° **श** उष्णमानावर अन्नांतून पोषक द्रव्यें चांगलीं बाहेर पडत नाहींत, व त्यांस रुचीही चांगली येत नाहीं.

खोल खाणीमध्यें याच्या उलट प्रकार घडतो. तेथें खोलीप्रमाणें हवेचा दाब वाढत जातो; आणि यामुळें कढण्याचा बिंदु नेहमीं १००° **श** पेक्षां जास्त असतो.

**कढण्याच्या बिंदूवर भांड्याच्या स्वरूपाचा परिणामः—गे लूझॉक** यास प्रथमतः असें आढळलें कीं, धातूच्या भांड्यापेक्षां कांचेच्या भांड्यांत पाणी कढविण्यास जास्त उष्णमान लागतें. तांब्याच्या भांड्यांत १००° **श** उष्णमानावर पाणी कढतें असें घेतलें, तर कांचेच्या भांड्यांत कढण्याचा बिंदु १०१° **श** असतो; आणि कांचेच्या भांड्यास सल्फ्युरिक आसिड व पोट्याश यांनीं प्रथम अगदीं स्वच्छ केलें असलें, तर त्यांतील पाण्याचें उष्णमान १०५° **श** व कधीं १०६° **श** चढेपर्यंत पाणी कढूं लागत नाहीं. पाण्याचा कढण्याचा बिंदु कितीही असला, तरी त्याच्या वाफेचें उष्णमान मात्र कायम असतें, व त्यावर भांड्याच्या द्रव्याचा परिणाम घडत नाहीं.

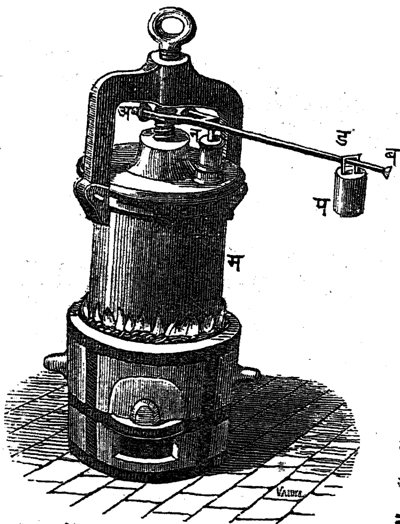
**५४. पेपिन याचा डायजेस्टरः**—वाफ होण्याविषयीं जें कांहीं वर सांगितलें, तें सर्व, उघड्या भांड्यांत द्रवांस उष्ण केलें असतां, मात्र लागू पडतें. उघड्या भांड्यांत मात्र कढण्याची क्रिया याप्रमाणें चालूं शकते. कारण बंद भांड्यांत वाफेस हवेंत बाहेर पडतां येत नाहीं, ह्मणून तिचा स्थितिस्थापक जोर व तिचें दार्ढ्य अशीं दोन्हीं एकसारखीं वाढतात. परंतु द्रवांतून वाफ भराभर बाहेर पडणें यासच कढणें ह्मणतात; व ही गोष्ट बंद भांड्यांत अशक्य असते. उघड्या भांड्यांत व बंद भांड्यांत उष्ण करण्यामध्यें दुसरें असें अंतर असतें कीं, उघड्या भांड्यांत एकदां द्रव कढूं लागला, ह्मणजे त्याचें उष्णमान

... लागल्यावर जी उष्णता ... पहा).

... पाण्यांत जाते, तिला त्यांतून निघणारी पाण्याची वाफ शोषण करिते. परंतु अशी वाफ पाण्यांतून बंद भांड्यांत निघूं शकत नाहीं, ह्मणून त्यांत पाणी व त्याची वाफ या दोहोंचेंही १००° श पेक्षां पुष्कळ जास्त उष्णमान वाढूं लागतें. परंतु याप्रमाणें वाफेचा दाब अतिशय वाढल्यामुळें त्या दाबानें भांडें फुटण्याचें मात्र भय असतें.

१००° श पेक्षां जास्त उष्णमानावर पाण्यास उष्ण करितां येतें, हें दाखविण्याकरितां आकृति ४४ मध्यें दाखविलेल्या यंत्राचा यंत्रशाळेंत विद्यार्थ्यांस शिकवितांना उपयोग करितात. यास **पेपिनचा डायजेस्टर** असें नांव आहे. यांत **म** हें एक ब्रांझी धातूचें पंचपात्रासारखें भांडें आहे; व त्यावर झांकण असून त्यास पंचपात्राच्या तोंडावर स्क्रूनें गच्च बसवितां येतें. झांकण पंचपात्रावर अगदीं गच्च बसविण्याकरितां पंचपात्राचें तोंड व त्यावरील झांकण यांच्या कडांमध्यें शिशाच्या पत्र्याची मऊ वळी घालून स्क्रूनें झांकण आंवळतात. झांकणास दुसरें एक लहान भोंक असून त्यांत एक गोल नळी बसविलेली असते; व त्या नळींत गच्च बसणारा **न** हा दांडा असतो. हा दांडा **अ** या टेंकूवर फिरणाऱ्या **अ ब** उचालकास वरच्या बाजूस दावितो. या उचालकावर **प** हें वजन पुढें मागें सरण्याजोगें असतें. त्याच्या योगानें **न**

आ० ४४.



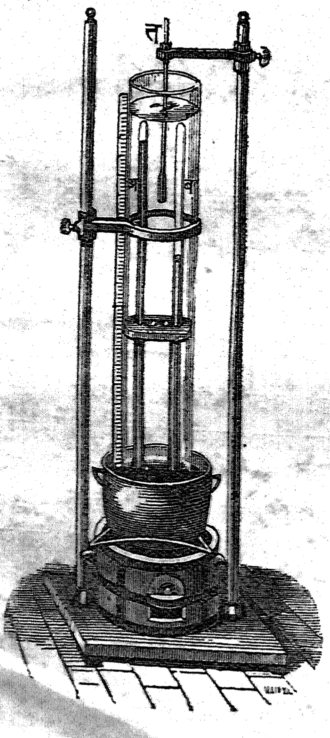
दाबानें पडदा उचलतो, आणि वाफ बाहेर येते. या रीतीनें यंत्र फुटण्याचें भय टाळलेलें असतें; ह्मणून या यांत्रिक योजनेस **रक्षकपडदा** ( सेफ्टीव्हाल्व्ह ) असें नांव दिलें आहे. याविषयीं विशेष वर्णन वाफेच्यां यंत्राविषयीं लिहितांना करण्यांत येईल. **म** पंचपात्र सुमारें $\frac{2}{3}$ पाण्यानें भरतात, व त्यावर झांकण बसवून त्यास भट्टींत उष्ण करितात. या रीतीनें १००° **श** पेक्षां पाण्याचें पुष्कळ उष्णमान वाढवितां येतें; आणि उच्चालकावर ज्या मानानें वजन अडकविलें असेल, त्या मानानें भांड्यांतील वाफेचा जोर हवेच्या कित्येकपट वाढवितां येतो. या यंत्रांतील पाण्याचें उष्णमान अतिशय वाढतें व तेणेंकरून त्याची द्रावकशक्तीही फार वाढते. हाडांस नुस्त्या पाण्यांत उघड्या हवेंत उष्ण केलें, तर १००° **श** उष्णमानावर त्यांतील सरस बाहेर पडत नाहीं. ह्मणून या यंत्रांतील पाण्यांत हाडांस उष्ण केलें ह्मणजे त्यांतील उच्च उष्णमानाच्या पाण्याच्या अंगीं हाडांतील सरसास विद्रुत करण्याची शक्ति असते. ह्मणून हाडांतून **सरस** काढण्यास या यंत्राचा उपयोग करितात.

बंद भांड्यांत द्रवास उष्ण केल्यानें त्याच्या वाफेचा जोर हवा तितका वाढूं शकतो. ह्मणून घरांतल्या उपयोगाकरितां ज्या भांड्यांत आपण पाणी कढवितों, किंवा त्यास उष्ण करितों त्या भांड्यास अगदीं गच्च बंद न करण्याविषयीं जपलें पाहिजे. रोग्याचे पाय शेकण्याकरितां जी गरम पाण्याची बाटली घेतात, तिजमधील पाणी गरम करण्याकरितां तिला विस्तवाजवळ ठेवण्यापूर्वीं तिचें बूच काढिलें पाहिजे. तसें न करितां बूच बसविलेली बाटली विस्तवाजवळ ठेविली तर पाण्याच्या वाफेचा जोर इतका वाढेल कीं, त्या जोरानें बाटली फुटेल, किंवा निदान बूच तरी उडेल; आणि जास्त कमी भयंकर अपघात होईल. याचप्रमाणें आगगाडी थांवते, तेव्हां गाडीच्या यंत्रांतील वाफ सोडून दिली पाहिजे; तसें केलें नाहीं तर तापकांत एकसारखी नवी वाफ तयार होत असते, व यंत्र चालविण्यास तिचा खर्च होत नाहीं, ह्मणून अखेरीस त्या वाफेचा जोर इतका वाढेल कीं, तेणेंकरून तापक फुटेल.

**५५. पाण्याच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर काढणें:—** पाण्याच्या वाफेच्या स्थितिस्थापक जोराचे व्यवहारांत फार महत्वाचे उपयोग होऊं लागले आहेत. तेव्हां भिन्नभिन्न उष्णमानांवर हा जोर किती असतो, हें विद्वानांनीं फार जपून मापिलें आहे.

०° **श** पासून १००° **श** पर्यंत निरनिराळ्या उष्णमानांवर पाण्याच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर किती असतो, हें आ० ४५ यांत दाखविलेल्या यंत्रानें

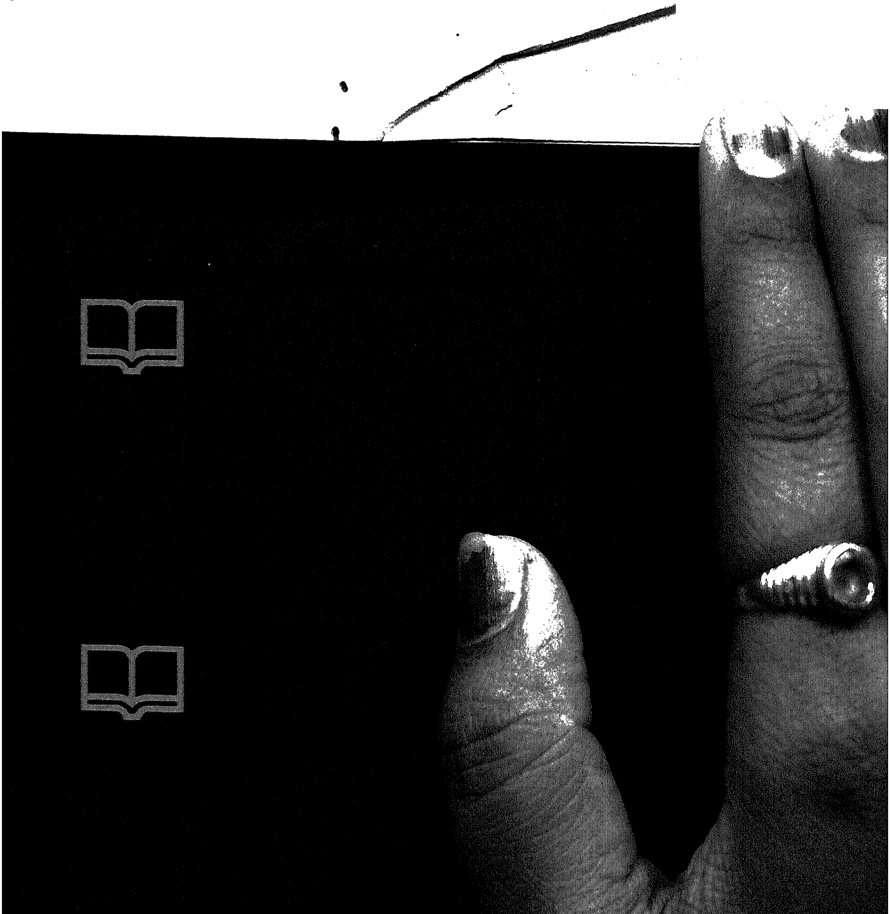
आ० ४५.



प्रथमतः **डाल्टन** यानें काढिलें. **अ, ब** या भारमापकाच्या नळ्या पान्यानें भरून एका पान्याच्या पेल्यांत उपड्या केल्या आहेत, व त्या पेल्यास नळ्यांसकट शेगडीवर ठेविलें आहे. **अ** नळींत फक्त शुष्क पारा आहे, व या पान्याच्या स्तंभाच्या उंचीवरून दाब समजतो. **ब** नळींत पान्यावर थोडें पाणी सारलेलें आहे. या नळ्यांसभोंवतीं पाण्यानें भरलेलें उभें लांबट पंचपात्र ठेविलेलें आहे, व त्या पाण्याचें उष्णमान त्यांत सोडलेल्या **त** या उष्णमापकानें कळतें. पंचपात्राच्या बाजूस एक मानपट्टी आहे. तिजवरून पान्याची उंची मोजतां येते. आरंभीं पाणी ०° **श** उष्णमानाचें ठेवून त्यानें हळूहळू उष्णमान शेगडीच्या उष्णतेनें वाढवितात. **ब** नळींतील

मानपट्टीवरून समजतें. उदाहरणार्थ उष्णमापकावरून पाण्याचें उष्णमान ७०° **श** असतें तेव्हां **अ** नळींतल्या पाऱ्यापेक्षां **ब** नळींतला पारा ०·२३३ मात्रा खालीं उतरलेला असला, तर ७०° **श** उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर ०·२३३ मात्रा झाला, ह्मणजे या उष्णमानावरील वाफ भांड्याच्या बाजूवर ०·२३३ मात्रा उंचीच्या पाऱ्याच्या स्तंभाच्या वजनाएवढ्या जोरानें दाबीत असते. या रीतीनें **ब** या भारमापकाच्या नळींतील पारा **अ** नळींतील पाऱ्यापेक्षां किती उतरतो हें प्रत्येक अंश उष्णमानाविषयीं पाहून **डाल्टन** यानें ०° **श** पासून १००° **श** पर्यंत पाण्याच्या वाफेचे स्थिति-स्थापक जोर काढिले. १००° **श** उष्णमानावर वाफेचा जोर ०·७६० मात्रा किंवा २९·९२ इंच असतो, असें त्यानें काढिलें.

**ड्यूलाँग** आणि **आरेगो** यांनीं १००° **श** पेक्षां जास्त उष्णमानावरील पाण्याच्या वाफेचे जोर वातावरणाच्या २४ पट दाब होईपर्यंत काढिले आहेत. अलीकडे **रेग्नाल्ट** यानेंही १००° **श** खालच्या व वरच्या उष्णमानांवरील पाण्याच्या वाफेचे जोर काढिले आहेत. या प्रयोग-कारानें ज्या संख्या काढिल्या आहेत, त्याच खालील कोष्टकांत मुख्य मुख्य उष्णमानाच्या दिल्या आहेत. यांत निरनिराळ्या उष्णमानावर वाफेच्या स्थितिस्थापक जोरानें ज्या उंचीचे पाऱ्याचे स्तंभ तोलले जातात, त्या उंच्या सहस्रांश मात्रांमध्यें दिल्या आहेत.



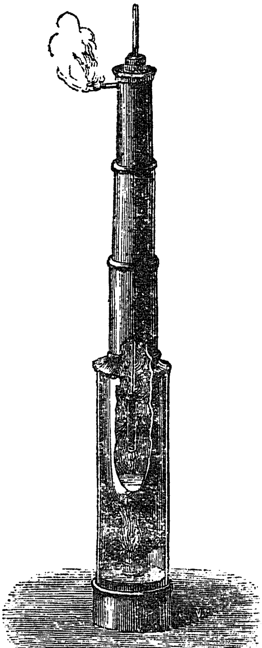
| | | | |
|---|---|---|---|
| ० | ४·६० | ६० | १४८·७९ |
| ५ | ६·५३ | ७० | २३३·०९ |
| १० | ९·१७ | ८० | ३५४·६४ |
| १५ | १२·७० | ९० | ५२५·४५ |
| २० | १७·३९ | १०० | ७६०·०० |
| ३० | ३१·५५ | १०१ | ७८७·६३ |
| ४० | ५४·९१ | १२० | १५२०·०० |
| ५० | ९१·९८ | १६० | ४५८०·०० |

या कोष्टकावरून असें उघड होतें कीं, उष्णमान ज्या मानानें वाढतें, त्याहून कित्येक पटीनें वाफेचा जोर वाढतो. ५०° **श** उष्णमानावर वाफेचा जोर फक्त ९१·९ सहस्रांश मात्रा आहे. परंतु तो १००° **श** ह्मणजे दुप्पट उष्णमानावर ७६० सहस्रांश मात्रा ह्मणजे आठपट आहे.

**५६. कढण्याच्या बिंदूवरून उंची मोजणें:**—पाण्याचा कढण्याचा बिंदु व त्यावरील दाब यांमध्यें जो संबंध असतो, त्यावरून भारमापकाच्या बदला उष्णमापकानें पर्वतांची उंची मोजतां येते. उदाहरणार्थ असें समजा कीं, एका पर्वताच्या पायथ्याशीं पाणी ९८° **श** उष्णमानावर कढतें; आणि माथ्यावर ९०° **श** उष्णमानावर कढतें. या कढण्याच्या उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेचा जोर त्यावरील वातावरणाच्या दाबाबरोबर असतो. निरनिराळ्या उष्णमानांवरील पाण्याच्या वाफेचे जोर काढण्यांत आले आहेत. ह्मणून वरील दोन उष्णमानांवर वाफेचे जोर काय असतील ते कोष्टकावरून कळतील. ह्या संख्या दोहों ठिकाणचे वातावरणाचे दाब ह्मणजे तेथील भारमापकाच्या उंच्या दर्शवितील; व यावरून पर्वतांच्या उंच्या मागें दिलेल्या रीतीनें काढितां येतील (पू० भाग १, क० १३२). १०८० फूट उंच गेलें, ह्मणजे कढण्याचा बिंदु स्थूलमानानें १° **श** उतरतो, किंवा ६०० फूट उंचीस १° **फा.** उतरतो.

या कारणाकरितां ज्या यंत्रांचा उपयोग करितात, त्यांस **उष्णभारमापकें** ह्मणतात. यांचा उपयोग प्रथम **उल्यास्टन** यानें केला. या यंत्रांत एक लहानसें धातूचें भांडें असतें, व पाणी कढविण्याकरितां एक मद्यार्काचा दिवा असतो (आ० ४६ पहा). पाण्याच्या भांड्यावर बसणारी एक लांब नळी असते, व तिचे तीन भाग असून ते दुर्बिणीच्या नळीप्रमाणें एकांत एक सरकतात. यामुळें जिकडे तिकडे फिरविण्यास सोय होते. या नळीच्या वरच्या तोंडांत एक बूच बसवून त्यांतून एक सूक्ष्म उष्णमापक नळींत असें सोडलेलें असतें कीं, त्याचा फुगा व नळीचा कांहीं भाग कढत्या पाण्यांतून निघालेल्या वाफेनें वेष्टिला जावा. पाणी कढूं लागलें, ह्मणजे त्याचें व त्याच्या वाफेचें उष्णमान न वाढतां स्थिर राहतें. ह्मणून उष्णमापकांतील पारा स्थिर झाला, ह्मणजे कोणत्या अंशावर आहे, तें पाहतात. या उष्णमापकावर फक्त ८०° **श** पासून १००° **श** पर्यंत अंश मांडलेले असतात; व प्रत्येक अंशाची बरीच लांबी असते, ह्मणून अंशाचे दशांश व शंभरांश भागही पाहतां येतात. ह्मणून या रीतीनें कढण्याच्या बिंदूवरून कोणत्याही स्थळाची उंची इतकी बरोबर मोजतां येते कीं, तिजमध्यें सुमारें १० फुटांहून जास्त चूक कधीं होत नाहीं.

आ० ४६.



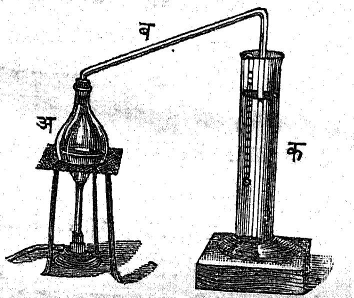
**५७. वाफेची गुप्त किंवा अंतर्हित उष्णताः**—कढण्याच्या क्रियेचें वर्णन करितांना आपण पाहिलें कीं, द्रव कढूं लागल्यावर त्यामध्यें कितीही उष्णता गेली, तरी त्याचें उष्णमान वाढत नाहीं. यावरून हें उघड आहे कीं, द्रव कढत असतां पुष्कळ उष्णता शोषली जाते; आणि पदार्थास

द्रवरूपांतून वायुरूपांत नेण्यापुरता तिचा परिणाम होतो. त्याचप्रमाणें उलट जेव्हां संपृक्त वाफ द्रवरूपांत जाते, तेव्हां रूपांतर पावतांना वाफेमध्यें जितकी उष्णता शोषली गेली होती, तितकी उष्णता वाफेंतून बाहेर पडते.

याप्रमाणें जर आपण १००° **श** उष्णमानाच्या १ पौंड पाण्यांत ०° **श** उष्णमानाचें ६ पौंड पाणी मिळविलें, तर एकंदर ७ पौंड मिश्रपाण्याचें उष्णमान १४° **श**हून किंचित् जास्त असतें. परंतु १००° **श** उष्णमानाची एक पौंड पाण्याची वाफ ०° **श** उष्णमानाच्या ६ पौंड पाण्यांत सोडिली तर त्या मिश्रणाचें उष्णमान ९१° **श** होतें.

खालील आकृति ४७ मध्यें दाखविलेल्या यंत्रानें वाफेची अनुद्भूत उष्णता स्थूलमानानें काढितां येते. **क** या उभ्या पंचपात्रांत विवक्षित वजनाचें पाणी आहे. याचें उष्णमान त्यांत बुडविलेल्या उष्णमापकावरून समजतें. **अ** भांड्यांत तिसरा हिस्सा पाणी भरून व तोंडांत वांकडी वाहक नळी बसवून त्यास उष्णता लावावी. त्यांतील पाणी कढूं लागून त्यास लाविलेल्या नळींतून वाफ निघूं लागली, ह्मणजे नळीचें बाहेरचें उघडें तोंड **क** भांड्यांतील पाण्यांत तळापर्यंत बुडवावें. **क** भांड्यांतील पाण्यांत कांहीं वेळ वाफ जाऊन त्याचें उष्णमान कांहीं अंश वाढेपर्यंत कढण्याची क्रिया चालवावी. नंतर **क** भांड्यांतील पाण्याचें वजन करून किती वाढलें तें काढावें. जें वजन वाढलें असेल तें थिजलेल्या वाफेचें असेल. तसेंच पाण्याचें किती उष्णमान वाढलें तेंही पहावें. यावरून वाफ थिजल्यापासून त्यांतून किती उष्णता बाहेर पडली हें काढतां येईल. उदाहरणार्थ **क** भांड्यांतील मूळच्या पाण्याचें वजन १००० ग्राम होतें व त्याचें उष्णमान १०° **श** होतें असें समजूं. वाफ सोडण्याचें बंद केल्यावर

आ० ४७.



उष्णमानाची १६·३ ग्राम वाफ थिजून तेवढ्याच उष्णमानाचें पाणी होईपर्यंत जी उष्णता बाहेर पडली ती गुप्त उष्णता, आणि १६·३ ग्राम १००° **श** उष्णमानाच्या पाण्याचें २०° **श** पर्यंत उष्णमान उतरेपर्यंत जी उष्णता बाहेर पडली ती उष्णता या दोहोंच्या बरोबर असली पाहिजे. वाफेची गुप्त उष्णता दर्शविण्यास **ल** अक्षर घेतल्यास, १०,०००=१६·३ **ल**+१६·३×( १००–२० ) यापासून **ल** ची किंमत काढल्यास **ल**=५३३ निघतात.

पाण्याची वाफ होतांना उष्णता शोषली जाते हें प्रथमतः **ब्ल्याक** यानें पाहिलें, व त्यानें याचें कारण असें काढिलें कीं, वाफ होतांना कांहीं परिमाणाची इंद्रियगोचर उष्णता गुप्त होते आणि ती गुप्त उष्णता वाफ थिजतांना पुनः दृश्य होते. द्रवरूपांतून वायुरूपांत जातांना जी उष्णता शोषली जाते, आणि वाफेच्या रूपांतून परत द्रवरूपांत जातांना जी उष्णता बाहेर पडते, त्या उष्णतेस **वाय्वीभवनाची गुप्त उष्णता** असें ह्मणतात.

द्रवीभवनासारख्याच या क्रिया घडतात. ह्मणून वाय्वीभवनाची गुप्त उष्णता काढण्याच्या रीतींचें वर्णन करण्याची येथें जरूरी दिसत नाहीं; तथापि कांहीं थोड्या द्रवांच्या वाफेंतील गुप्त उष्णता खालीं दिल्या आहेतः—

| | | | |
|---|---|---|---|
| पाणी ... ... ... | ५४० | कार्बान द्विसल्फाईड ... | ८७ |
| आल्कोहोल ... ... ... | २०८ | टर्पेंटाइन ... ... ... | ७४ |
| ईथर ... ... ... | ९० | ब्रोमीन ... ... ... | ४६ |

या संख्यांचा अर्थ काय हें चांगलें लक्ष्यांत ठेविलें पाहिजे. १००° **श** उष्णमानाच्या एक पौंड पाण्याची वाफ करण्यास ५४० अंश उष्णता लागते. ह्मणजे या उष्णतेनें एक पौंड पाण्याचें ५४०° **श**, किंवा ५४० पौंड पाण्याचें १° **श** उष्णमान वाढेल. किंवा ७८° **श** उष्णमानाच्या एक पौंड आल्कोहोलाच्या वाफेस थिजवून त्याच उष्णमानाचा एक पौंड द्रवरूपी आल्कोहोल केला असतां, जी उष्णता बाहेर पडेल, तिनें २०८ पौंड पाण्याचें १° **श** उष्णमान वाढेल.

कढण्याची क्रिया वातावरणाच्या साधारण दाबाखालीं होत आहे, असें गृहीत घेतलें आहे. परंतु जर वातावरणाचा दाब कमी असला, व त्यामुळें कढण्याचें उष्णमानही कमी असलें, तर गुप्त उष्णतेची किंमत जास्त असते. **वॉट** याची अशी समजूत झाली होती कीं, पाण्याच्या वाफेची गुप्त उष्णता व दृश्य उष्णता यांची बेरीज नित्य सारखी असते, व ती बेरीज नेहमीं ६४० राहते. ह्मणजे जर पाणी ९०° **श** उष्णमानावर कढलें, तर त्याच्या वाफेची गुप्त उष्णता ५५० असेल. परंतु **वॉट** याचें हें ह्मणणें खरें नाहीं, व गुप्त व दृश्य उष्णता या दोहोंची बेरीज जी एकंदर उष्णता ती सर्वदां सारखी नसते. वाय्वीभवनाची एकंदर उष्णता काढण्याची **रेग्नाल्ट** यानें खालीं दिल्याप्रमाणें सारणी दिली आहे:—

एकंदर उष्णता=६०६·५+०·३०५ **उ.** ह्मणजे कढण्याचें जें शतभाग उष्णमान असेल, त्यास ०·३०५ नीं गुणून त्यांत ६०६·५ मिळविले ह्मणजे एकंदर उष्णता येते. उदाहरणार्थ, ५०° **श** वर एकंदर उष्णता ६२२ आणि ९०° **श** वर ६३४ असते.

**५८. बाष्पभवनानें उत्पन्न होणारी थंडी:**—कोणत्याही उष्णमानावर द्रवाची वाफ झाली, तरी नेहमीं उष्णतेचें शोषण होतें. ह्मणून जर एकाद्या द्रवाचें बाष्पभवन होत असलें, आणि वाफ होण्यामध्यें जी उष्णता खर्च होते, तितकी बाहेरून मिळाली नाहीं, तर द्रवाचें उष्णमान उतरतें; आणि ज्या मानानें त्याचें बाष्पभवन जलद होत असेल, त्या मानानें तो द्रव अधिक थंड होतो.

या रीतीनें फार शीतता उत्पन्न करितां येते. हातावर ईथर या द्रवाचे चार थेंब पाडिले, व त्याचें बाष्पभवन जलद होण्याकरितां हात हालविला, तर त्याची वाफ होऊन जाते, व हात फार थंड होतो. ईथरचे तुषार पाडविल्यानें याहून जास्त थंडी उत्पन्न होते, व याच रीतीनें शरीराचा एकादा भाग विशेष कारणाकरितां बधिर करितात. आल्कोहोल व पाणी यांसारखे ईथरपेक्षां जे द्रव कमी चपल असतात, त्यांचेंही कार्य असेंच घडतें. परंतु शीतता कमी उत्पन्न होते.

स्नान केल्यावर उघड्या जागीं उभें राहिलें किंवा अंगावर वाऱ्याचा झोत येऊं दिला, तर फार कुडकुडी भरते; याचें कारण शरीराच्या पृष्ठभागापासून पाण्याची वाफ निघत असते, व ती वाफ शरीरांतील उष्णतेस शोषण करिते. ओले कपडे अंगावर असले तर त्यापासून थंडी होते. कारण त्यांतील पाणी वाफेच्या रूपांत जातांना शरीरांतील उष्णतेस ते शोषण करितात.

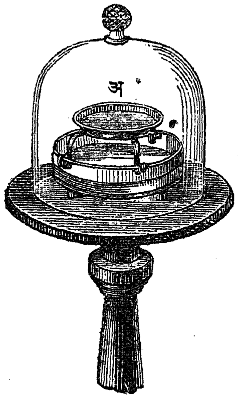
वाऱ्यांत बसलें किंवा अंगावर वारा घेतला, ह्मणजे जी थंडाई वाटते, ती वारा थंड असतो ह्मणून नव्हे. उष्णमापकावरून पाहिल्यास तो वारा वास्तविक गरम असतो. परंतु कातडीच्या पृष्ठभागापासून जें जलद बाष्पभवन घडतें त्यामुळें थंडाई वाटते. जेव्हां हवेंत अतिशय पाण्याची वाफ असते, तेव्हां जरी उष्णमान बेताचें असलें, तरी फार गरमी होऊन अस्वस्थता वाटते. अशा वेळीं बाष्पभवन फार थोडें चालतें, ह्मणून असें घडतें. पंख्यानें वारा घेतला, ह्मणजे जास्त बाष्पभवन होतें, त्यामुळें गार वाटतें. रस्त्यांत पाणी शिंपडल्यानें जो ताजेपणा वाटतो, तोही बाष्पभवनाचाच परिणाम होय.

उष्ण देशांत पाणी गार करण्याकरितां बाष्पभवनानेंच शीतता उत्पन्न करितात. मातीच्या सछिद्र भांड्यांत पाणी ठेविलें, ह्मणजे तें गार होतें; कारण छिद्रांतून पाणी बाहेर पडत असतें, व भांड्याच्या बाहेरच्या पृष्ठभागापासून त्याचें एकसारखें बाष्पभवन होतें, व या बाष्पभवनानें पाण्यांतील उष्णता शोषली जाते. असलें भांडें वाऱ्यांत ठेविलें ह्मणजे त्यांतील पाणी लौकर गार होतें. तांब्यावर ओलें फडकें लावून वाऱ्यांत ठेविलें, ह्मणजेही याच रीतीनें पाणी गार होतें. डोकें दुखत असतां कपाळावर पाण्याची पट्टी ठेवितात; किंवा जखम होऊन रक्त वहात असतें, त्यावर ओली पट्टी बांधितात; त्या ठिकाणींही बाष्पभवनानेंच शीतता उत्पन्न होते.

**५९. पाणी व पारा यांस निर्वातस्थळीं थिजविणें:—** द्रवाची वाफ होतांना पुष्कळ उष्णता अदृश्य होते, ह्मणून बाष्पभवन वाढवून द्रवास थिजविण्याजोगी अत्यंत शीतता उत्पन्न करितां येईल. द्रवावरील दाब कमी केला, ह्मणजे त्याची वाफ लवकर होते. ह्मणून पाण्याचें भांडें निर्वातस्थळीं ठेविलें, तर तें फार लवकर शीत होईल.

जलद बाष्पभवन घडवून **लेस्ली** यानें पाणी थिजविलें. वाताकर्षक यं-

आ० ४८.




त्राच्या ग्राहकाखालीं तीव्र सल्फ्युरिक आसिडानें भरलेला एक पेला ठेविला, व एक तिकोनी बैठकीवर थोड्या पाण्यानें भरलेली एक लहानशी **अ** थाटी ठेविली, आणि त्यानें ग्राहक रिता केला. तेव्हां **अ** थाटींतील पाणी कढूं लागलें (आ० ४८ पहा); त्यांतून जी वाफ निघत होती तिला खालचें सल्फ्युरिक आसिड शोष करीत होतें. यामुळें पाण्यावरील दाब वरचेवर नाहींसा होत गेल्यानें वरचेव नवी वाफ होत जाऊन राहिलेलें पाण जलद थिजलें.

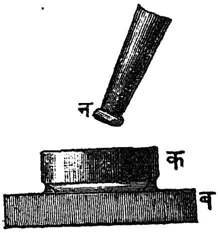
पाण्याहून जास्त चपल असा द्रव घेतल्यानें इतकी थंडी उत्पन्न करितां ये कीं, त्यानें पाराही थिजतो. द्रवरूपी **सल्फ्यूरस आसिड**-१०° श उष्णमानावर कढतें, ह्मणून या द्रवास घेऊन पान्यास थिजवितां येतें. छोट उष्णमापकाचा फुगा पिंजलेल्या कापसानें मढवून त्या कापसास द्रवरूपी सल्फ्यूर आसिडानें ओलें करावें; आणि तें उष्णमापक वाताकर्षकाच्या ग्राहकाखा ठेवावें. ग्राहक रिता करितांच पारा थिजेल.

पूर्वी शीत केलेल्या हवेचा प्रवाह द्रवरूपी **मेथिलच्या क्लोराइडांत**[1] जाऊं दिला, ह्मणजे त्याच्या बाष्पभवनापासून-२३° **श** पासून-७०° **श** प उष्णमान उतरतें व हें नीच उष्णमान कित्येक तासपर्यंत कायम ठेवितां येतें.

आल्कोहोलाच्या उष्णमापकाच्या फुग्यावर द्रवरूपी कार्बानिक आसिडा प्रवाह सोडून आल्कोहोल न थिजतां-१००° **श** हें नीच उष्णमान **थिले रियर** यानें उत्पन्न केलें. घनरूपी कार्बानिक आसिड, द्रवरूपी नैत्रोजना एका (मानो)क्साइड आणि ईथर यांच्या मिश्रणापासून **डेस्प्रेट्झ** यानें इत शीतता उत्पन्न केली कीं, तिणें आल्कोहोल दाट होऊन रबरबीत झाला.

१ सेंद्रिय रसायनशास्त्र, पू० भाग १. पृ० ११२।११३ पहा.

२ पुढील क० ६४ पहा.




पत्र्याच्या **क** या उथळ थाटींत कार्बान द्विसल्फाईड ओतून ती थाटी **ब** तुकड्यावरील पाण्यावर ठेवावी. **न** भात्यानें हवा फुंकून द्विसल्फाइडाचें बाष्पभवन वाढवावें, ह्मणजे कांहीं मिनिटांनीं थाटीभोंवतें पाणी थिजतें, व थाटी लांकडास चिकटते ( आ० ४९ पहा ).

याचप्रमाणें थोडें पाणी एका लहानशा परीक्षानळींत घेऊन थोडें ईथर असलेल्या पेल्यांत तिला बुडविलें, आणि भात्याच्या तोंडास कांचेची नळी जोडून तिनें ईथरांत हवा फुंकली, ह्मणजे ईथरच्या बाष्पभवनानें नळींतील पाणी थिजेल.

**हारिसन** यानें ईथरच्या बाष्पभवनानें कृत्रिमरीत्या बर्फ करण्याची नवी रीति काढली आहे. तिजमध्यें वाताकर्षक यंत्र चालविण्यास वाफेच्या यंत्राचा उपयोग करितात. वाताकर्षकानें ईथरवरील दाब कमी करितांच कांहीं ईथरची वाफ फार जलद होते आणि ईथरमध्यें बुडविलेल्या भांड्यांतील पाणी थिजतें. या यंत्राची रचना अशी केलेली आहे कीं, जी ईथरची वाफ होते तिला थिजवितां येतें व त्या ईथरचा पुनः उपयोग करितां येतो.

**ईस्ट इंडीज** बेटांत व **बंगाल्यां**त रात्रीं आकाश निरभ्र असतां हवेचें उष्णमान ८° किंवा १०° **श** असतांही पाण्याचें त्याच्या बाष्पभवनानें बर्फ करितात. जमिनींत खळगे करून त्यांत मंदवाहक गवत भरितात व त्यावर परातीसारखीं उथळ मातीचीं भांडीं पाण्यानें भरून उघडीं ठेवितात. मातीच्या सच्छिद्र भांड्यांतून पाणी झिरपतें व पाण्याचें बाष्पभवन होऊन पाण्यांतील इतकी उष्णता शोषली जाते कीं, तेणेंकरून बाकीचें पाणी थिजतें.

हवेंत पाण्याची वाफ कमी असते, तेव्हां तसली हवा या कृतीस अनुकूल असते. कारण शुष्क हवेच्या अंगीं जमिनीपासून निघालेल्या उष्णतेच्या अदृश्य





किरणांस शोषण करण्याची पाण्याच्या वाफेच्या अंगीं फार शक्ति असते (क० १८ पहा). यामुळें विसर्जित झालेल्या उष्णतेस हवेंतील वाफ पार जाऊं देत नाहीं. यामुळेंच उन्हाळ्यांत दिवसास बाष्पभवनानें उत्पन्न झालेली वाफ रात्रीं हवेंत असते. ह्मणून विसर्जनानें उष्णता पार जात नसते, व यामुळें गरमी फार होते.

## प्रकरण ८.

### वाफ व वायु यांचें द्रवीकरण.

६०. वाफेस थिजविणें किंवा वायूचें द्रवीकरण करणें ह्मणजे त्यांस वायुरूपांतून द्रवरूपांत नेणें होय. हें द्रवीकरण तीन कारणांनीं घडतें:— (१) शीततेनें, (२) दाबानें, आणि (३) रसायनप्रीतीनें.

वाफ थिजली ह्मणजे तिजमधील गुप्त उष्णता बाहेर पडते, आणि तिचें कार्य उष्णमापकावर घडूं लागतें. साधारण उष्णमानाच्या पाण्यांत १००° श उष्णमानाच्या वाफेचा प्रवाह सोडिला, ह्मणजे पाण्यांत वाफ थिजून तिजमधून जी उष्णता बाहेर पडते, तिनें पाण्याचें उष्णमान वाढत जाऊन कांहीं वेळानें १००° श होतें. वाफ होतांना जितकी उष्णता शोषण झाली होती, तितकी उष्णता द्रवीकरणानें बाहेर पडते.

**रसायनप्रीतीनें द्रवीकरणः**—कित्येक पदार्थांची पाण्याशीं रसायनप्रीति इतकी बलवत्तर असते कीं, हवेंतील वाफ संपृक्त नसतांही त्यांमध्यें ती थिजते. ह्मणूनच भाजलेल्या चुनकळ्या, दाहक पोट्याश, किंवा सल्फ्युरिक आसिड या आर्द्रताशोषक पदार्थांस हवेंत उघडें ठेविलें, ह्मणजे ते पदार्थ हवेंतील पाण्याच्या वाफेस नेहमीं शोषण करितात. कित्येक प्रकारचें मीठ हवेंत उघडें राहिलें, ह्मणजे पाण्याच्या वाफेस शोषण करून तिला इतकें थिजवितें कीं, तेणेंकरून मिठाचा द्रव होतो. दुसऱ्या कित्येक क्षारांच्या अंगींही हा धर्म असतो, ह्मणूनच त्यांस आर्द्रताशोषक क्षार ह्मणतात.

**दाबानें द्रवीकरणः**—पुस्तक १ पृष्ठ १७ आकृति ४ मध्यें मागें दाखविल्यासारखी एक धातूची भक्कम नळी असून तिजमध्यें गच्च बसणारा व वर

खालीं सरणारा दट्टया आहे. या नळींत पाण्याची वाफ भरून दट्टया तोंडांत बसविला आहे, असें समजूं; आणि ही वाफ आरंभीं संपृक्त नाहीं, असेंही घेऊं. आतां दट्टया खालीं सारला ह्मणजे वाफ संपृक्त नसल्यामुळें तिचें वर्तन खऱ्या वायूप्रमाणें घडेल, ह्मणजे दाब वाढविल्यानें द्रवरूपांत न जातां तिचा स्थितिस्थापक जोर व तिचें दार्ढ्य हीं दोन्हीं वाढतील. परंतु ज्याप्रमाणें दट्टयास खालीं सारीत जावें, त्याप्रमाणें वाफेचा आकार कमी होत जाऊन अखेरीस अशा स्थितीस येऊन ती पोंचेल कीं, त्या वेळीं ज्या अवकाशांत वाफ आहे, तो अवकाश वाफेनें संपृक्त होईल. यापुढें आणखी यत्किंचित् दाब वाढविला, ह्मणजे कांहीं वाफ द्रवरूपांत जाईल; व दाब जोंपर्यंत वाढवीत जावें, तोंपर्यंत द्रवीकरण चालेल; आणि दट्टया नळीच्या तळापर्यंत सारला, तर सर्व वाफ थिजून तिला द्रवरूप येईल. नळींतील वाफ एकदां संपृक्त झाली, व नळीमध्यें हवा अगदीं नसली, तर दट्टयाच्या खालीं जाण्यास वाफेचा प्रतिबंध होत नाहीं. यावरून वाफ थिजते, व त्या वेळीं मागें सांगितल्याप्रमाणें त्या संपृक्त वाफेचा महत्तम जोर झालेला असतो. ही गोष्ट या प्रयोगावरून समजते, हें लक्षांत ठेवण्याजोगें आहे.

**शीततेनें द्रवीकरणः**—वाफ संपृक्त स्थितींत असली, ह्मणजे तिचें द्रवीकरण जसें दाबानें होतें, तसें शीततेनेंही होतें. विवक्षित अवकाश वाफेनें एकदां संपृक्त झाला, ह्मणजे त्या पुढें यत्किंचित् उष्णमान कमी होतांच ज्या उष्णतेनें वाफेस वायुरूप मिळालें होतें, ती उष्णता तिजमधून शीततेनें जाते; तिच्या अणूंमधील स्नेहाकर्षण बलवत्तर होतें; ते अणु एकत्र होऊन त्यांचे अत्यंत सूक्ष्म कण बनतात; आणि ते हवेंत लोंबत राहून सभोंवतालच्या पदार्थांवर बसतात.

वाफ साधारणतः शीततेनें थिजते याचीं अनेक उदाहरणें आढळतात. प्राण्यांच्या तोंडांतून व नाकांतून जी गरम वाफ बाहेर पडते, ती बाहेरच्या थंड हवेनें प्रथमतः संपृक्त होते; आणि नंतर थिजून ढगासारखी पांढरी दिसते. याचप्रमाणें कढत्या पाण्यांतून, धुरांड्यांतून, आणि नद्यांच्या पृष्ठभागांपासून अदृश्य वाफ निघते ती थिजून दृश्य होते. ही वाफ उन्हाळ्यापेक्षां हिंवाळ्यांत जास्त स्पष्ट दिसते. कारण त्या वेळीं हवा जास्त थंड असते, व वाफ अधिक पूर्णपणें थिजते.

थंडीच्या दिवसांत विशेषेंकरून थंड देशांत उष्ण झालेल्या खोलीच्या खिडक्यांच्या आंतल्या बाजूंवर कधींकधीं दंव दिसतो. या खोल्यांतील हवा वाफेनें संपृक्त झालेली नसते, परंतु खिडकीजवळचे वाफेचे थर बाहेरच्या हवेनें थंड होतात, आणि जसजसा अवकाश थंड असेल, त्याप्रमाणें विवक्षित अवकाशास संपृक्त करण्यास थोडी वाफ बस होते. ह्मणून खिडक्यांस लागलेली हवा संपृक्त होऊन आणखी शीत झाली, ह्मणजे तिजमधील वाफ जलद खिडक्यांवर जमते. थंड देशांत हिम पडून गेल्यावर तें वितळूं लागलें, ह्मणजे घरांतल्यापेक्षां बाहेरची हवा जास्त गरम असते. यामुळें अशा वेळीं खिडक्यांच्या बाहेरच्या बाजूंवर दंव जमतो. याच कारणानें भिंतीवर कधीं कधीं ओलावा जमतो, व यास भिंती पाझरल्या असें ह्मणतात. परंतु हें चुकीचें असतें. भिंतींतून ओलावा आलेला नसून तो हवेंतून जमलेला असतो. हवेपेक्षां भिंती थंड असतात; ह्मणून त्यांच्या सन्निध असलेल्या हवेच्या थरांचेंही उष्णमान उतरतें, व यामुळें त्यांतील वाफ त्यांवर थिजते. एखाद्या भुयारांतून उन्हाळ्यांत द्रवाचें भांडें बाहेर आणिलें, किंवा पेल्यांत गार पाणी ओतलें, तर असाच परिणाम घडून भांड्याच्या बाहेरच्या पृष्ठभागावर वाफ थिजून तो मजीद दिसूं लागतो. अशा प्रकार हिंवाळ्यांत वारंवार घडत नाहीं. कारण त्या वेळीं हवेचें उष्णमान भांड्याच्या उष्णमानाइतकें, किंवा कधीं कधीं कमी असतें, ह्मणून त्यासन्निध असलेले हवेचे थर शीत होत नाहींत.

**६१. थिजतांना उष्णता बाहेर पडतेः**—कोणत्याही द्रवाची वाफ होतांना कांहीं उष्णता शोषली जाते, असें आपण पाहिलें. ही उष्णता अगदीं नाहींशी होत नाहीं. कारण वाफेचें पाणी होण्याची उलट क्रिया घडूं लागली, ह्मणजे ती सर्व उष्णता पुनः दृश्य होऊन तिचें ज्ञान आपल्या इंद्रियांस होतें, व उष्णमापकानेंही होतें. उदाहरणार्थ एक पौंड पाणी वाफेच्या रूपांत जातांना ५४० अंश उष्णता शोषण करितें. ह्मणजे त्या उष्णतेनें ५४० पौंड पाण्याचें एक अंश उष्णमान वाढेल, इतकी उष्णता शोषण होते; परंतु १०० अंश उष्णमानाची एक पौंड वाफ थिजवून १०० अंश उष्णमानाचें एक पौंड पाणी केलें, ह्मणजे जी ५४० अंश उष्णता गुप्त रूपांत होती, ती दृश्य होते; व वाफेनें उष्ण करण्यामध्यें तिचा उपयोग करितां येतो. ही उष्णता इतकी असते कीं,

हिनें चार पौंड ओतींव लोखंडास त्याच्या वितळण्याच्या बिंदूपर्यंत उष्ण करितां येतें. कारण लोखंडाची वि. उ. ०·११३८ आहे. ह्मणून ४ पौंड लोखंडाचें १° **श** उष्णमान चढविण्यास ०·४५५२ अंश उष्णता लागेल. ओतींव लोखंड ११५०° **श** वर वितळतें. याकरितां ४ पौंड ओतींव लोखंडाचें ११५०° **श** उष्णमान करण्यास ०·४५५२×११५०=५२३·४८०० अंश उष्णता लागेल.

पाण्याची वाफ थिजतांना जी उष्णता बाहेर पडते, तिचा खासगी व सार्वजनिक इमारतींस गरम करण्याकरितां उपयोग करितात. वाफेच्या यंत्राच्या तापकासारख्या तापकांत पाण्याची वाफ करून खोलींतील खांबांतून खेळविलेल्या नळ्यांमध्यें सोडितात. या नळ्यांत वाफ थिजते, व पुष्कळ उष्णता बाहेर टाकते. तिच्या योगानें सभोंवतालची हवा गरम होते.

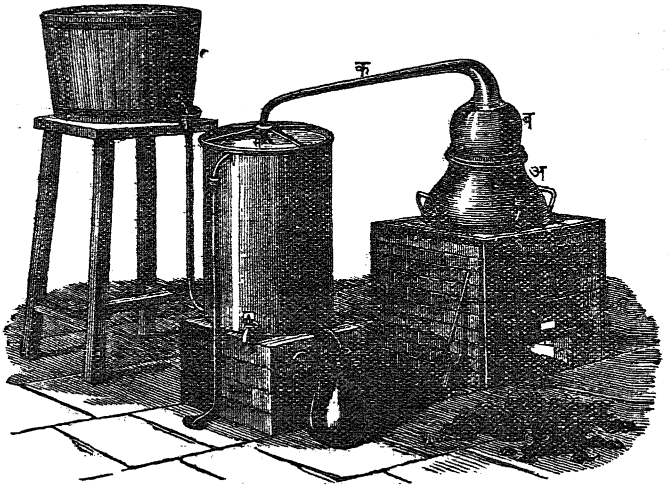
**६२. ऊर्ध्वपातन व त्याचीं पात्रें:**—चपलद्रवांत जे दुसरे पदार्थ विद्रुत झालेले असतात, त्यांपासून चपल द्रवांस वेगळें काढण्याची जी कृति तिला **ऊर्ध्वपातन** (Distillation) ह्मणतात. निरनिराळ्या चापल्याच्या द्रवांसही याच कृतीनें वेगळें काढितां येतें. या कृतीचें मुख्य बीज असें असतें कीं, उष्णतेच्या कार्यानें द्रवांची प्रथमतः वाफ करितात, व या वाफेस शीततेनें थिजवून पुनः द्रवरूपांत आणितात.

या कृतीकरितां ज्या पात्राचा उपयोग करितात, तें अनेक प्रकारचें असतें. परंतु त्यांत मुख्य ३ भाग असतातः—(१) **तापक**; ह्मणजे द्रव तापविण्याचें ह्मणजे कढविण्याचें तांब्याचें भांडें **अ** याचें बूड असें असतें कीं, तें बरोबर भट्टींत बसतें; (२) **संशोधक.** तापकाच्या तोंडावर गच्च बसणारें **ब** हें गोल भांडें असतें. त्यांतून **क** ही वाहक नळी गेलेली असते; (३) **नागमोडी नळीचा शीतक स.** ही नळी तांब्याची किंवा कथलाची नागमोडीसारखी वांकविलेली असून थंड पाण्यानें भरलेल्या पंचपात्राच्या आंतल्या बाजूस बसविलेली असते (आकृति ५० पहा). पुष्कळ थंड पृष्ठभाग वाफेच्या सन्निध आणून तिला थिजविणें हा या वांकड्या नळीचा उद्देश असतो.

साधारण पाण्यांत जे अनेक अशुद्ध पदार्थ असतात, त्यांस वेगळें काढण्याकरितां **अ** तापकांत तें पाणी कढवितात. पाण्यांतून जी वाफ निघते, ती **क**

नळीनें स नागमोडी शीतकांत जातें, व थिजतें ( आकृति ५० पहा ), आणि

आ० ५०.



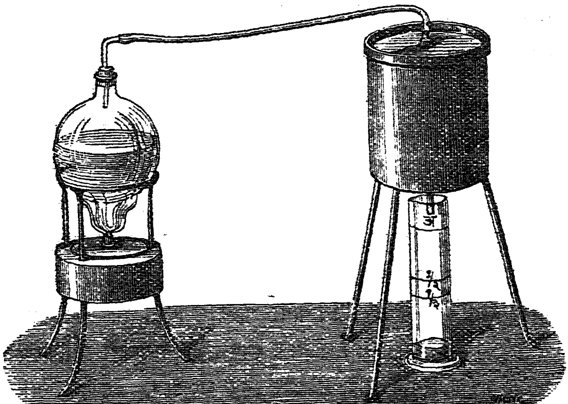

थिजून झालेलें शुद्ध पाणी ड भांड्यांत पडतें. वाफ थिजविल्यानें जी उष्णता बाहेर पडते, त्या उष्णतेनें नागमोडी नळीसभोंवतालचें पंचपात्रांतील पाणी जलद उष्ण होतें. तें पाणी करवेवर काढून त्यांत थंड पाणी भरण्याची योजना करावी लागते. यासाठीं पंचपात्राच्या बुडाशीं लाविलेल्या उभ्या नळींत डाव्या बाजूस स्टुलावर असलेल्या थंड पाण्याच्या पिपांतून थंड पाणी जातें. आणि उष्ण होऊन हलकें झालेलें जें पाणी पृष्ठभागीं येतें, तें पंचपात्राच्या माथ्याजवळ जी तोटी लाविलेली असते, तिजमधून बाहेर जातें.

आसवांतून किंवा दारवेंतून ब्रांडी वगैरे मद्यार्क ऊर्ध्वपातनानें काढितात. दारवेंत मुख्यत्वें पाणी, आल्कोहोल, आणि रंगित द्रव्यें असतात. दारवेस भांड्यांत घालून तिचें उष्णमान ७८° श पेक्षां जास्त आणि १००° श पेक्षां कमी असें ठेविलें, ह्मणजे त्यांतील आल्कोहोल ७८° श वर कढूं लागतो, आणि

त्याची वाफ होऊन पुढें जाते. परंतु पाणी न कढतां मागें राहतें, व कांहीं बाष्पभवनानें गेलें तर थोडें जातें. या ऊर्ध्वपातनांत वाफ थिजून जो द्रव होतो, तो ब्रांडी नांवाचा मद्यार्क असतो. ह्मणून ब्रांडी वस्तुतः जलमिश्रित आल्कोहोल ह्मणजे जलमिश्रित मद्यार्क असतो.

**६३. दारवेंतील आल्कोहोलाचें प्रमाण काढण्याचें यंत्रः—** एका तिवईवर फ्लास्क ठेवून त्यास मद्यार्काच्या दिव्यानें उष्ण करितात (आ० ५१ पहा). या फ्लास्काच्या तोंडांत बुचांतून एक कांचेच्या नळीचा तुकडा बसवून त्यास रबरी नळीनें थंड पाण्यानें भरलेल्या पंचपात्रांतील नागमोडी नळीस जोडितात. नागमोडी नळीचें तोंड बुडांतून बाहेर आलेलें असतें. त्यांतून बाहेर आलेला द्रव परीक्षा करण्याच्या कांचेच्या पंचपात्रांत घेतात. या नळीवर ३ खुणा असतात. अ ठिकाणची खूण दारवेचें आरंभीं घेतलेलें परिमाण मापण्याकरितां असतें; व त्याखालीं या आकारमानाचा निम्मा व तृतीयांश भाग मापणाऱ्या दोन खुणा असतात.

आ० ५१.



अ खुणेपर्यंत दारू घेऊन ती फ्लास्कांत ओतितात. फ्लास्कास नागमोडी

ा कतितात. वाफ थिजून जें मिश्रण नागमोर्ड
कोहोल व पाणी यांचें असतें. क्वारेटसारख
$\frac{1}{2}$ भागाचें उर्ध्वपातन करावें, आणि शेटी
र्क असलेली दारू घेतली, तर $\frac{1}{2}$ भागाचें उर्ध्व
ावरून असें अनुमान काढिलें आहे कीं, अ
फरूपानें जाऊन थिजतो. नंतर मापांत जो द्र
उर्ध्वपातनाचें शुद्ध पाणी मिळवावें, ह्मणजे दारू
व आसिड अशा घन द्रव्यांपासून दारू वेगळ
पाणी यांचें मिश्रण पूर्वी घेतल्याइतकें होतें.
पू. भाग १, क. १०९ पृ. १७४। १७५ पदा
ी संख्या पूर्वी तयार केलेल्या कोष्टकांत आक
र्ह हें पाहतात.

**करण:**—आपणास मागें असें समजलें आहे
संपृक्त झालेली असली तर तिचें उष्णमान काय
ानें तिला द्रवरूपांत नेतां येतें; आणि दाब काय
तरीही तिला द्रवरूप देतां येतें.

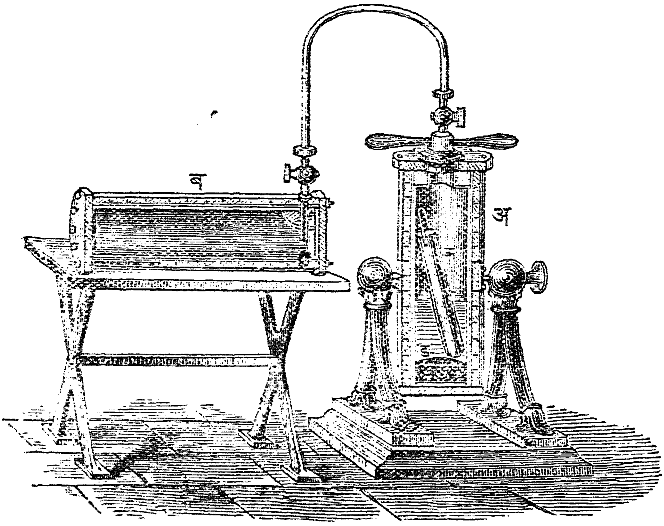
वर्तन सर्वतोपरी वायूंसारखेंच घडतें. ह्मणून ज्यां
ह्मणतात, ह्मणजे जे साधारणत: वायुरूपांत असतात
ाफेच्या रूपांत असतात, असें समजणें साहजिक आ
रूप असून पदार्थांचें स्वाभाविक रूप नसतें. साधार
सिड यास वायुरूप असतें. परंतु ध्रुवाजवळच्या प्र
असतें. समशीतोष्ण प्रदेशांत ईथर द्रवरूपांत असत
ांत असतें. ज्याप्रमाणें असंपृक्त वाफेस संपृक्त स्थिती
उष्णमान कमी केल्यानें किंवा दाब वाढविल्यानें ति
प्रमाणें याच साधनांनीं वायूंचेंही द्रवीकरण करित
ासून ते फार दूर असतात. ह्मणून त्यांचें द्रव
ता व अत्यंत दाब यांची जरूर लागते. कांहीं
दाबानें द्रवीकरण करितां येईल. परंतु पुष्कळां

A

उपयोग करावा लागेल. या दोहोंच्या
नाहीं, असें कदापि घडणार नाहीं.
**ा डिआक्साइड, कार्बानिक**
ूचें द्रवीकरण करण्याकरितां केलेले
ीते; परंतु त्यांसही आतां शीतता व
ालें आहे.' आक्सिजनास द्रवरूप
रावें लागतें, आणि दाब वातावरणा-

त द्रवरूप दिलें, त्या रीतीचें मुख्य
एका भक्कम बांकविलेल्या कांचेच्या
ळीच्या एका बाजूस ज्या वायूचें
द्रवीकरण करणें आहे, तो वायु उत्पन्न
करणारे पदार्थ घालून दुसरा भाग
क्का बंद केलेला असतो. उजवी-
कडील भागास कढत्या तेलांत बुडवून
उष्ण केलें म्हणजे त्यांतील द्रव्यांतून
वायु निघतो, आणि ज्या मानानें त्यां-
तून अधिकाधिक वायु निघतो, त्याप्रमाणें
वाढतो. दुसरा भाग शीततजनक
शेरीस वायूचें द्रवीकरण होतें.
सिद्ध प्रयोग झाले, त्यांपैकींच कार्बा-
ण करण्याकरितां **थिलोरियर** यानें
ढेच्या रीतीप्रमाणेंच होतें. **थिलो-**
पासून ६ शिसे पाणी मावण्याजोगी
पांस पक्के बंद करून शिशाच्या नळीनें
ाहा). यांपैकीं एका **अ** या उत्पादक
कार्बानिक आसिड वायु निघणार
क पंचप्राज रितें होतें. **अ** उत्पादकांत

आ० ५३.




जो वायु उत्पन्न होतो, तो **ब** ग्राहकांत जातो. हा ग्राहक शीततजनकमिश्रणानें थंड ठेविलेला असतो. म्हणून जसजसा उत्पादकांतून जास्त वायु येऊन त्याचा दाब वाढतो, त्याप्रमाणें **ब** ग्राहकांत वायु थिजतो. या रीतीनें दोन शिसे-भर द्रवरूप कार्बानिक आसिडवायु तयार करितां येतो.

**१५° श** उष्णमानावर आकुंचित झालेल्या वायूचा जोर वातावरणाच्या ५० पटांहून कमी नसतो. यंत्रपात्रें जर भक्कम केलेलीं नसलीं, तर तीं या दावानें फुटतात. कांहीं वर्षांपूर्वी या तऱ्हेचा एक वेळ अपघात झाला, व त्यानें थिलोरियर याच्या हाताखालीं काम करणारा मरण पावला.

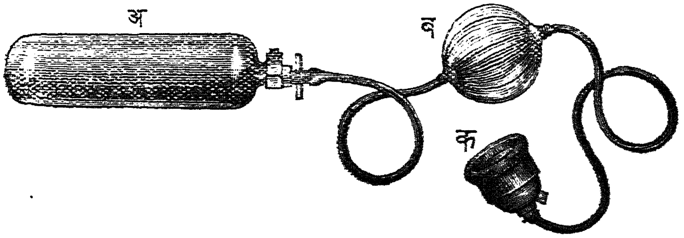
घनरूप कार्बानिक आसिड मिळण्याकरितां नळीस लावलेला एक कॉक ग्राहकांत बसविलेला असतो, व ही नळी ग्राहकांतील द्रवरूप आसिडांत बुडा-लेली असते. हा कॉक उघडतांच ग्राहकांतील दाबानें द्रवरूप आसिड बाहेर पडतें; आणि यामुळें तें वातावरणाच्या ५० पट दाबांतून नुसत्या वातावरणाच्या

दाबांत येतांच त्यांपैकीं कांहीं द्रवाची वाफ होते, व या बाष्पभवनानें जी उष्णता शोषली जाते, तिजमुळें बाकीचा द्रव थंड होऊन थिजतो, व त्याचे हिमासारखे पांढरे कपळे बनतात.

घनरूप कार्बानिक आसिडाची सावकाश वाफ होते. आल्कोहोलाच्या उष्णमापकानें त्याचें उष्णमान—९०° श असतें असें समजतें. त्याचा लहानसा तुकडा नुसत्या हातावर ठेविला, तर लागावा तितका थंड लागत नाहीं. कारण तो खरोखर हातास लागलेला नसतो. त्याच्या खालच्या बाजूस त्याच्या बाष्पभवनानें झालेल्या वायूची गिरदी असते. परंतु ईथर या द्रवामध्यें हा घनतुकडा टाकिला तर इतकी अत्यंत शीतता उत्पन्न होते कीं, तसला ओला तुकडा जर कातडीवर ठेविला, तर मोठ्या विस्तवानें भाजल्यासारखे सर्व परिणाम घडतात. या दोहोंच्या मिश्रणानें त्याच्या चौपट वजनाचा पारा थोड्या मिनिटांत थिजतो. एका नळींत थोडें द्रवरूप कार्बानिक आसिड घेऊन ती नळी या मिश्रणांत ठेविली, तर नळींतील द्रव थिजून घनकार्बानिक आसिड बर्फाच्या तुकड्यासारखा पारदर्शक दिसतो. हें मिश्रण वाताकर्षक यंत्राच्या ग्राहकाखालीं ठेविलें व ग्राहकास रितें केलें, तर त्याचें बाष्पभवन चालून त्याचें उष्णमान −११०° श पर्यंत उतरतें. द्रवरूप नैत्रस आक्साइडाचें बाष्पभवन होऊं दिलें, तर त्यापासून उत्पन्न झालेल्या शीततेनें त्याचा घनगोळा बनतो व त्याचा वितळण्याचा बिंदु—१०५° श असतो.

औद्योगिक कारणांकरितां हल्लीं वायूंचें द्रवीकरण मोठ्या प्रमाणावर करि-

आ० ५४.




तात. वरील आकृतींत (आ० ५४ पहा) अ ठिकाणीं दाखविल्यासारख्या

एक घनफूट अवकाशाच्या भक्कम लोखंडी शिसल्यांमध्यें वायुधारकांतील वायूस थिजवितात. थिजविण्यासाठीं जीं यंत्रें घेतात तीं आकृतींत दाखविलीं आहेत. वायूंस आकुंचित करण्याचें तत्व हवेच्या बंदुकीसारखेंच असतें (पू. भा. १ आ० १३५ पहा). नैत्रस आक्साइड किंवा आक्सिजन हुंगावयास द्यावयाचा असला ह्मणजे मध्यें रबरची पिशवी जोडतात. काक उघडतांच पिशवी वायूनें फुगते. नंतर नाकास बसण्याजोगें रबरचें तोंड नळीस लावून हुंगण्यासाठीं उपयोग करितात.

शिसलींतून बाहेर निघणाऱ्या वायूचा प्रवाह वेतानें बाहेर पडण्यासाठीं, आणि बाहेर पडणाऱ्या वायूचा जोर किंवा दाब कमी करण्यासाठीं, अनेक तऱ्हेचे पडदे लावितात. आणि त्यांच्या योगानें सर्व शिसली रिकामी होईपर्यंत तोच दाब आपोआप राहण्याची योजना असते. शिसल्यांतूनच त्यांतील वायु उपयोगाकरितां घेतात; व वायु बाहेर पडण्याचें मान पडद्यांच्या योगानें हवें तेवढें ठेवितात.

आक्सिहैड्रोजन दिवा करण्यास याप्रमाणें आक्सिजन व हैड्रोजन यांचा उपयोग हल्लीं फार करितात. हे वायु शिसल्यांत वातावरणाच्या १२० पट दाबाचे असतात. अशा उच्च दाबाचा वायु भरण्यापूर्वीं शिसल्या एवढा दाब सहन करण्यास योग्य आहेत किंवा नाहींत याबद्दल जलदाबक यंत्रानें त्यांची परीक्षा करितात. जलदाबकानें शिसल्या वातावरणाच्या १८५ पट ह्मणजे दरचौरस इंचावर सुमारें एक टनाचा दाब सहन करण्यास योग्य आहेत अशी खात्री झाल्यावर तसल्या शिसल्यांमध्यें वरील वायु भरतात.

---

## प्रकरण ९.

### विशिष्ट उष्णता.

**६५. उष्णतामापन. उष्णतेच्या परिमाणाचे अंशः**—पदार्थांचे विवक्षित अंश उष्णमान चढतें किंवा उतरतें, आणि पदार्थांचें रूपांतर होतें, तेव्हां जी उष्णता शोषली जाते, किंवा बाहेर पडते, त्या **उष्णतेचें परिमाण मापणें** हा उष्णतामापनाचा उद्देश असतो.

उष्णतेचें **मान** किंवा **उष्णमान** व उष्णतेचें **परिमाण** या दोहोंमधील भेद चांगला लक्षांत ठेविला पाहिजे. घागरभर गरम पाण्याच्या उष्णमानापेक्षां आरक्तोष्ण लोखंडाच्या लहानशा तुकड्याचें उष्णमान फार जास्त असतें. परंतु घागरभर पाण्यांतील उष्णतेचें परिमाण जास्त असतें. तसेंच त्या घागरींतील पंचपात्रीभर गरम पाणी वेगळें काढिलें, तर पंचपात्रींतील पाण्याचें उष्णमान घागरींतील पाण्याच्या उष्णमानाइतकेंच असेल. परंतु तिजमधील उष्णतेचें परिमाण पुष्कळ पटीनें जास्त असतें, हें उघड आहे. जे उष्णतेचे परिणाम साक्षात् मापितां येतात, त्यांपैकीं कोणत्याही परिणामानें उष्णतेचें **परिमाण** दर्शवितां येईल. परंतु उष्णतेनें उष्णमानांत जे फेरफार होतात, तेच परिणाम उष्णतेचें परिमाण मापण्यास अत्यंत सोयीचे असतात. पाण्यासारखा कोणता तरी पदार्थ घेऊन त्याच्या विवक्षित वजनाचें अमुक अंश उष्णमान चढवितां येईल, असें सांगून उष्णतेचें परिमाण नेहमीं दर्शवितात.

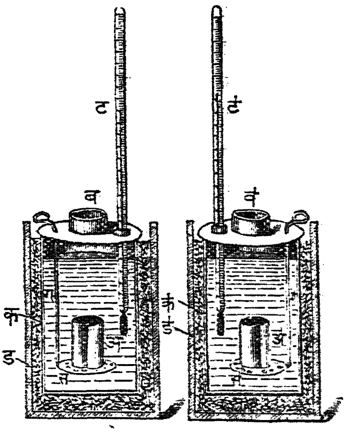
तुलना करण्याकरितां उष्णतेच्या परिमाणाचें जें **एकं प्रमाण** किंवा उष्णतेच्या परिमाणाचा जो प्रमाणभूत **अंश** घेतात, तें प्रमाण किंवा तो अंश सर्वत्र सारखा नसतो. **फ्रान्स** देशांत एक सहस्रग्राम पाण्याचें एक अंश शतभाग उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते, ती उष्णता उष्णतेचें परिमाण मापण्याचें **एकं प्रमाण** कल्पितात. या उष्णतेस त्या देशांत उष्णतेच्या परिमाणाचा एक **अंश** असें ह्मणतात. एक पौंड पाण्याचें एक अंश शतभाग उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते, त्या उष्णतेच्या परिमाणास उष्णता मापण्याचें **एकं प्रमाण** या पुस्तकांत कल्पिलें आहे; व यासच उष्णतेच्या परिमाणाचा **एक अंश** असें समजलें जाईल. ह्मणून फ्रान्स देशांतील एक अंश उष्णता=२·२ इंग्रजी अंश असतात; आणि असला एक अंश=०· ४५ फ्रान्स देशांतील अंश असतो.

**६६. विशिष्ट उष्णताः**—पारा व पाणी हे दोन पदार्थ सारख्या उष्णमानाचे व सारख्या वजनाचे घेतले, व त्यांस दोन अगदीं सारख्या भांड्यांत घातलें, व सारख्याच दिव्यांच्या उष्णतेनें त्यांस सारखा वेळ उष्ण केलें, किंवा विस्तवापुढें सारख्या अंतरावर ठेविलें, तर त्यांचीं उष्णमानें भिन्नभिन्न मानानें वाढतात, असें आढळतें. ह्मणजे पाण्यापेक्षां पारा फार उष्ण होतो. परंतु प्रयोगांत दोहोंस आपण अगदीं सारख्या स्थितींत ठेविलें होतें. ह्मणून दोहोंस

झाला कीं, पाऱ्याचें उष्णमान १° श चढविण्यास जितकी उष्णता लागते, त्याहून तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें १° श उष्णमान चढविण्यास जास्त उष्णता लागते. याचप्रमाणें १००° श उष्णमानाचा पारा व तेवढ्याच उष्णमानाचें व तेवढ्याच वजनाचें पाणी यांस हवेंत ठेवून शीत होऊं दिलें, तर हवेच्या उष्णमानाइतकें पाण्याचें उष्णमान होण्यास पाऱ्यापेक्षां जास्त काळ लागतो. ह्मणून विवक्षित अंशांमधून उष्णमान उतरतांना पाऱ्यापेक्षां पाण्यांतून जास्त उष्णता बाहेर पडेल.

घन पदार्थांच्या विशिष्ट उष्णता भिन्नभिन्न असतात. हें आकृति ५५ मध्यें दाखविलेल्या प्रयोगानें सिद्ध करितां येतें. यांत क, कं हीं दोन सारखीं भांडीं असून त्यांत सारख्या वजनाचें व सारख्या उष्णमानाचें पाणी आहे. हीं भांडीं ड, डं या दुसऱ्या भांड्यांत ठेविलेलीं असून दोहोंमध्यें पिंजलेला कापूस सभोंवार घातलेला आहे. लोखंडी पातळ पत्र्याची एक सुरळी अं, व दुसरी तेवढ्याच वजनाची शिशाच्या पत्र्याची सुरळी अ घेऊन त्यांचें उष्णमान सारखें चढवावें; आणि त्यांस भांड्यांच्या झांकणांतील ब, बं या भोंकांतून भांड्यांतील पाण्यांत असें बुडवावें कीं, सुरळ्या पाण्यांतील स, सं या जाळ्यांवर राहतील. या जाळ्यांच्या योगानें सुरळ्या वर खालीं करून सर्व पाण्याचें उष्णमान सारखें करितां येतें. भांड्यांतील पाण्यांत ट, टं हीं उष्ण-

आ० ५५.

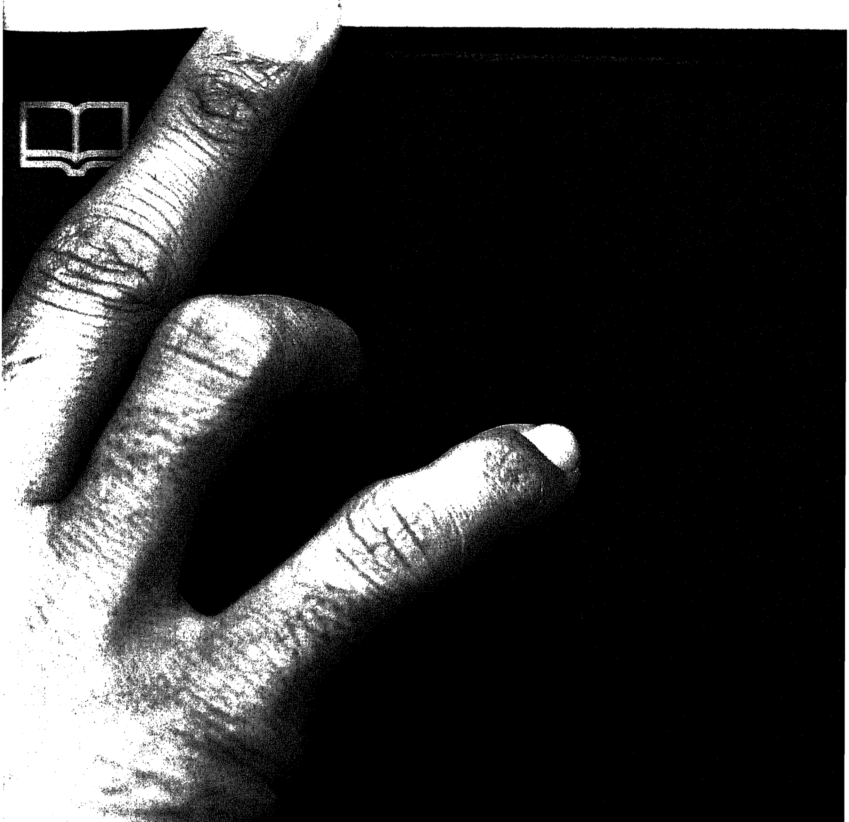


आहे.

१००° श उष्णमानाच्या अच्छेर पाण्यांत ०° श उष्णमानाचें अच्छेर पाणी मिसळलें, तर मिश्रणाचें उष्णमान ५०° श होतें. परंतु १००° श उष्णमानाचा अच्छेरपारा ०° श उष्णमानाच्या अच्छेर पाण्यांत मिळविला, तर मिश्रणाचें उष्णमान सारें ३° श राहतें. ह्मणजे पाऱ्याचें उष्णमान ९७° श उतरलें तेव्हां पाण्याचें फक्त ३° श चढलें. ह्मणून पाऱ्याएवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें सारखें उष्णमान चढविण्यास पाऱ्याच्या ३२ पट पाण्यास उष्णता लागते.

१०° श उष्णमानाच्या अच्छेर पाण्यांत ६०° श उष्णमानाचें अच्छेर टर्पेनटाईन मिसळून दोहोंस ढवळलें, तर मिश्रणाचें उष्णमान २४° श होतें. ह्मणजे टर्पेनटाईनचें ३६° श उष्णमान उतरल्यानें जी उष्णता बाहेर पडली, तिनें तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें १४° श उष्णमान चढविलें. याचा अर्थ असा झाला कीं, टर्पेनटाईनचें विवक्षित उष्णमान चढविण्यास, जी उष्णता लागते ती, तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें तेवढेंच उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते, तिच्या $\frac{2}{5}$ असते.

दुसरे पदार्थ घेऊन असेच प्रयोग केले, तर असें दिसून येतें कीं, बहुतेक प्रत्येक पदार्थाचें विवक्षित उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते, ती भिन्न भिन्न असते. ह्मणून प्रत्येक पदार्थाचें विवक्षित उष्णमान—उदाहरणार्थ ०° श पासून १° श पर्यंत उष्णमान चढविलें असतां जी उष्णता शोषण होते, त्या उष्णतेचें तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याचें तेवढेंच उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागते, त्या उष्णतेशीं जें प्रमाण असतें, त्यास त्या पदार्थाची **उष्णता-ग्राहकशक्ति** किंवा **विशिष्ट उष्णता** असें ह्मणतात; ह्मणजे विशिष्ट उष्णता काढण्यास पाणी हें प्रमाणभूत घेतात. रुप्याची विशिष्ट उष्णता ०.०५७ आहे, असें आपण ह्मणतों, तेव्हां आपल्या ह्मणण्याचा अर्थ असा असतो कीं, विवक्षित वजनाच्या रुप्याचें १° श उष्णमान चढविण्यास जी उष्णता लागेल

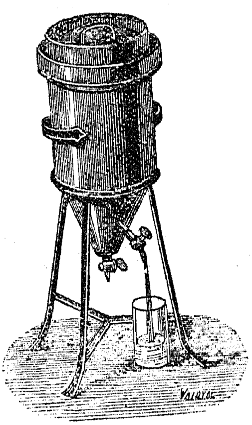


पाण्याचें विशिष्टगुरुत्व १ कल्पिलें आणि पाणी व हवा यांच्या सारख्या वजनांची तुलना केली, तर हवेची विशिष्ट उष्णता ०·२३७ असते. ह्मणून अच्छेर पाण्याचें १° श उष्णमान उतरलें असतां जी उष्णता बाहेर पडेल, त्या उष्णतेनें ४·२ पट, ह्मणजे २·१ शेर वजनाच्या हवेचें १° श उष्णमान चढेल. परंतु पाणी हवेच्या ७७० पट जड आहे. ह्मणून जर आपण सारख्या आकारमानांची तुलना केली, तर एक घन फूट पाण्याचें १° श उष्णमान उतरलें असतां जी उष्णता बाहेर पडेल, त्या उष्णतेनें ३२३४ घनफूट हवेचें १° श उष्णमान चढेल.

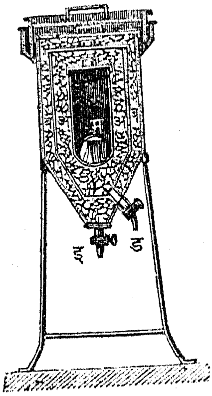
**६७. घनरूपी आणि द्रवरूपी पदार्थांच्या विशिष्ट उष्णता काढणें:**—पदार्थांच्या विशिष्ट उष्णता काढण्याच्या तीन मुख्य रीति आहेतः- (१) बर्फ वितळवून, (२) मिश्रण करून, आणि (३) शीत करून. शेवटल्या रीतींत विवक्षित उष्णमान उतरण्यास जो काळ लागतो, त्यावरून पदार्थांची विशिष्ट उष्णता काढतात.

**बर्फ वितळवून विशिष्ट उष्णता काढण्याची रीति**—या रीतीनें विशिष्ट उष्णता काढतांना अच्छेर ह्मणजे एक पौंड बर्फ वितळण्यास ८० अंश किंवा सूक्ष्म मानानें ७९·२५ अंश उष्णता लागते, असें गृहित घेतात. ज्याची विशिष्ट उष्णता काढणें आहे, त्याचें उष्णमान १००° श चढवून त्यास जलद बर्फांत घालतात. त्याचें १००° श पासून ०° श पर्यंत उष्णमान उतरतांना जी उष्णता बाहेर पडते, तिनें कांहीं बर्फ वितळून जें पाणी होतें, तें पाणी जमवितात. या पाण्याचें वजन, पदार्थाचें वजन, आणि पदार्थाचें उष्णमान ज्या अंशांतून उतरलें ते अंश, या तिहींवरून साध्या हिशेबानें विशिष्ट उष्णता काढतात. असें समजूं कीं, पावशेर भर बर्फ वितळलें आहे; आणि मूळ पदार्थाचें वजन ४ शेर असून त्याचें उष्णमान १००° श उतरलें आहे. आतां पावशेर बर्फ वितळण्यास ४० अंश उष्णता लागेल. ही उष्णता ८ पौंड वजनाच्या पदार्थाचें १००° श उष्णमान उतरत असतां बाहेर पडली आहे. ह्मणून त्या पदार्थाची विशिष्ट उष्णता ४० ÷८००=$\frac{1}{20}$=०·०५ झाली.

आ० ५६.



आ० ५७.




मध्यें त्याचें उभें छिन्न दाखविलें आहे. **म अ ब** हीं एकांत एक बसणारीं तीन भांडीं आहेत, व प्रत्येक भांड्यावर त्याच द्रव्याचें झांकण आहे. मधल्या भांड्यांत ज्याची विशिष्ट उष्णता काढणें आहे, तो **म** पदार्थ ठेवितात, व बाकी दोन भांडीं बर्फाच्या चुऱ्यानें भरतात. **अ** भांड्यांतील बर्फ उष्णपदार्थानें वितळतें, आणि बर्फ वितळल्यापासून झालेलें पाणी त्यास लाविलेल्या **ड** या कॉकनें बाहेर जातें, व तें भांड्यांत जमवितात. **ब** भांड्यांतील बर्फानें **अ** भांड्यांतील बर्फावर सभोंवतालच्या हवेचें उष्णताजनक कार्य होत नाहीं, व या भांड्यांतील बर्फ हवेच्या उष्णतेनें वितळून जें पाणी होतें तें **ई** या तोटीनें बाहेर जातें.

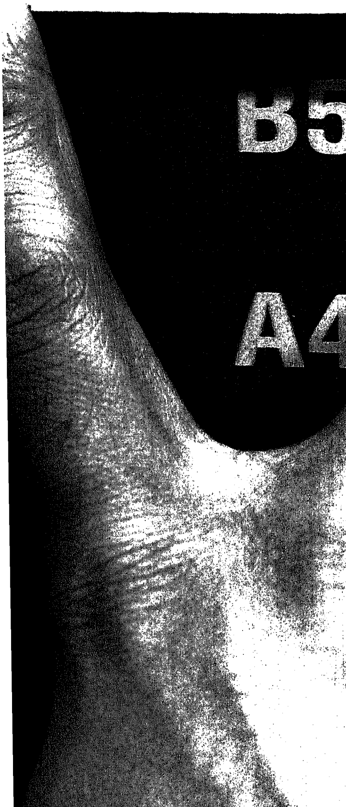
**मिश्रणाची रीतिः**—बर्फ वितळवून विशिष्ट उष्णता काढण्याच्या या रीतीपेक्षां ही रीति जास्त सोयीची व सूक्ष्म आहे. या रीतीनें विशिष्ट उष्णता

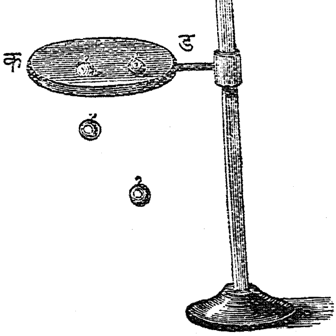
…होत असतां जी उष्णता त्यांतून बाहेर पडते, त्या उष्णतेनें पाणी गरम होतें, आणि शेवटीं दोहोंचें उष्णमान सारखें होतें. या साधारण उष्णमानावरून, आणि पाणी व पदार्थ यांचीं वजनें व मिसळण्यापूर्वीं त्यांचीं उष्णमानें यांवरून पदार्थाची विशिष्ट उष्णता साध्या हिशेबानें निवते.

| पदार्थ. | विशिष्टउष्णता. | पदार्थ. | विशिष्टउष्णता. |
|---|---|---|---|
| पाणी. | १·००००. | जस्त. | ०·०९५५. |
| टर्पेनटाईन. | ०·४२५६ | तांबें. | ०·०९५१. |
| लांकडी कोळसा. | ०·२४११. | रुपें. | ०·०५७०. |
| गंधक. | ०·२०२५. | कथील. | ०·०५९२. |
| ग्रॅफाईट. | ०·२०१८. | अंटिमनी. | ०·०५०७. |
| उष्णमापकाची कांच. | ०·१९७६. | पारा. | ०·०३३३. |
| फास्फरस. | ०·१८९५. | सोनें. | ०·०३२४. |
| हिरा. | ०·१४६९. | प्लेटिनम्. | ०·०३२४. |
| लोखंड. | ०·११३८. | शिसें. | ०·०३१४. |
| निकेल. | ०·१०८६. | बिस्मथ. | ०·०३०८. |

वरील कोष्टकावरून असें दिसेल कीं, पाणी व टर्पेनटाईन तेल यांच्या विशिष्टउष्णता सर्व दुसऱ्या पदार्थांपेक्षां विशेषेंकरून धातूंपेक्षां जास्त आहेत. पाण्याची विशिष्टउष्णता जास्त आहे. ह्मणून त्यास उष्ण किंवा शीत करण्यास जास्त काल लागतो, आणि विवक्षित वजनाचें व उष्णमानाचें पाणी दुसऱ्या पदार्थांपेक्षां जास्त उष्णता शोषण करितें, व बाहेर टाकितें. या द्विविध पाण्याच्या धर्माचा उपयोग उष्ण पाण्यानें गरम करण्यासाठीं करितात, व सृष्टिक्रमांतही याचा महत्वाचा उपयोग होतो.

ज्या पदार्थांची विशिष्टउष्णता जास्त आहे, ह्मणून ज्यांचें विवक्षित उष्णमान चढविण्यास जास्त उष्णता लागते, ते पदार्थ त्यांचें तेवढेंच उष्णमान उतरत असतां पुष्कळ उष्णता बाहेर टाकितात. निरनिराळ्या पदार्थांत भिन्नभिन्न परि-






धातूंच्या लहान गोळ्या करून त्यांस कढत तेलांत बुडवून त्यांचें उष्णमान २००° श केलें, आणि सुमारें अर्धा इंच जाडीच्या क ड या मेणाच्या वडीवर त्यांस ठेविलें, तर लोखंड आणि तांबें यांच्या गोळ्या मेणास वितळवून खालीं पडतात (आकृति ५८ पहा). परंतु शिसें आणि बिस्मथ यांच्या गोळ्या निम्मेहून जास्त उतरत नाहींत.

---

## प्रकरण १०.

### वाफेचीं यंत्रें.

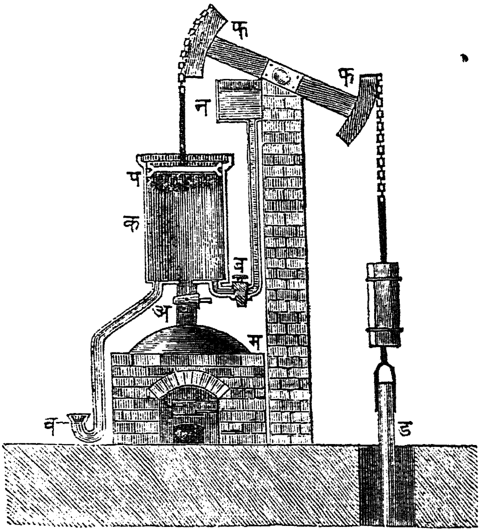
**६८. वाफेच्या यंत्राचा शोधः**—कलाकौशल्यांत सृष्टिशास्त्राचे जे अनेक व्यावहारिक उपयोग झाले आहेत, त्या सर्वांत वाफेच्या यंत्राचा उपयोग निःसंशय अत्यंत महत्वाचा होय. उच्च उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेच्या अंगीं फार स्थितिस्थापक शक्ति येते; आणि त्याच वाफेस शीत करून त्या शक्तीचा उपयोग करून घेतां येतो. वाफेच्या या दोन धर्मांवर वाफेच्या यंत्राचें कार्य अवलंबून असतें; व यामुळें वाफेच्या यंत्रांमध्यें थोड्या अवकाशांत थोड्या खर्चानें फार जोराची चालक शक्ति उत्पन्न होते.

वाफेचें यंत्र इतकें महत्वाचें झालें आहे कीं, त्याचा शोध कोणीं लाविला, याबद्दल पुष्कळ वाद होऊन त्याचा खरा शोधक किंवा खरे शोधक कोण हें ठरविण्यासाठीं पुष्कळ यत्न झालेले आहेत. कारण वाफेच्या यंत्रास हल्लीं

२००० वर्षांपूर्वी वाफेच्या जोरानें फिरणारें एक चक्र शोधून काढिलें; व तें अद्याप त्याच्या नांवानेंच प्रसिद्ध आहे. हें चक्र कांहींसें जलचक्रासारखें होतें. (पू. भाग १. आ० ७२ पहा.) हेंच वाफेच्या जोरानें चालणारें पहिलें यंत्र होय. यानंतर **काकस** येथील **सालोमन** आणि **मार्किस आफ ऊर्स्टर** यांनींही यासंबंधी कांहीं शोध लाविले.

फ्रान्स देशाचा सृष्टिशास्त्रवेत्ता जो **पेपिन** त्याच्या **पेपिनचा डायजेस्टर** या नांवाच्या एका यंत्राचें मागें वर्णन करण्यांत आलें आहे. (कलम ५४ पहा). खालच्या तोंडानें बंद व वरच्या तोंडानें उघड्या अशा नळांत तुस्त बसणाऱ्या दट्ट्यास **पेपिन** यानेंच वाफेच्या स्थितिस्थापक जोरानें वर उचलण्याची आणि वाफेस थिजवून त्यास खालीं आणण्याची युक्ति वरील यंत्रांत प्रथमतः योजिली. वाफ थिजल्यावर हवेच्या दाबानें दट्ट्या खालीं येई, आणि वाफेच्या जोरानें तो पुनः वर चढे. याप्रमाणें दट्ट्यास खालवर सरण्याची गति मिळे. वाफेच्या सर्व यंत्रांचें अद्यापही हेंच मुख्य तत्त्व आहे. त्या वेळच्या धर्मसंबंधीं धामधुमीमुळें **पेपिन** यास फ्रान्स देशांतून पळून जावें लागलें. यामुळें पुढें सन १६९० सालीं त्यानें आपलें यंत्र व त्याचें वर्णन जर्मनीमध्यें प्रसिद्ध केलें. बोट पाण्यांत चालवितां येण्याजोगा **पेपिन** यानें आपल्या यंत्राचा एक मोठा नमुनाही तयार केला होता. या यंत्रांत नळांत बुडावर दट्ट्याखालीं पाणी होतें. नळाखालीं विस्तव पेटविला, ह्मणजे पाण्याची वाफ होई व त्या वाफेच्या जोरानें दट्ट्या वर उचले. दट्ट्या माथ्याजवळ गेल्यावर नळाखालचा विस्तव काढून घेतला ह्मणजे नळ थंड होऊन त्यांतील वाफ थिजे व वातावरणाच्या दाबानें दट्ट्या खालीं उतरे.

इ० स० १७०५ सालीं **न्यूकोमन** आणि **कॉले** यांनीं खाणींतील पाणी काढण्याकरितां एक वाफेचें यंत्र केलें. या यंत्रांत **प** दट्ट्या असलेल्या **क** नळाखालीं **म** या तापकांत वेगळीच वाफ तयार होत असे (आकृति ५९).




ब कॉक उघडून नळांत पाणी उडवीत, व त्याणें वाफ थिजे. वाफ थिजल्यावर हवेच्या दाबानें दट्ट्या तळाशीं येऊन पोंचला, ह्मणजे ब कॉक बंद करीत; आणि तापकाचा अ कॉक उघडून यंत्राच्या नळांत वाफ सोडीत, व तेणेंकरून दट्ट्या वर चढे. याप्रमाणें एक वेळ वाफ व एक वेळ थंड पाणी नळांत सोडून यंत्र चालू ठेवीत. थंड पाण्यानें नळांतील वाफ थिजली ह्मणजे **प** दट्ट्या केवळ हवेच्या दाबानेंच खालीं उतरे. वाफ थिजविण्याकरितां जें थंड पाणी दर वेळीं नळांत सोडावें लागे त्याणें नळ थंड होत असे; आणि त्यांत वाफ सोडल्यावर तो पुनः उष्ण होईपर्यंत कांहीं वाफ थिजे. यामुळें पुष्कळ वाफ व सर्पण व्यर्थ जात असे. नळांतील थिजलेलें पाणी बाहेर जाण्याकरितां **व** नळी असे, व या नळीच्या शेवटास पडदा असे, व तो पडदा **प** दट्ट्याखालीं आला ह्मणजे मात्र उघडे; व **फफ** या उच्चालकानें **ड** या बंबाच्या दट्ट्यास गति मिळत असे.

**६९. वाफेच्या यंत्रांतील वॉट याच्या सुधारणाः—जेम्स वाट** हा **ग्लासगो** येथें शास्त्रीय यंत्रें करणारा होता. **ग्लासगो** येथील युनिव्हर्सिटीच्या यंत्रशाळेंतील **न्यूकोमन** याच्या यंत्राचा नमुना दुरुस्त करण्याकरितां **वॉट** याजकडे आला. तो पाहून त्याची खात्री

रणा केल्या. तो अशा दृढनिश्चयानें या सुधारणा करूं लागला कीं, त्यास कितीही चांगली सुधारणा सुचली, तरी तिनें तो कधीं तृप्त न होतां आणखी जास्त सुधारणा करण्याचा यत्न तो कधीं सोडीत नव्हता. याप्रमाणें न्यूकोमनच्या यंत्रांत एकामागून एक असे अनेक फेरफार व सुधारणा करून **वॉट** यानें आपलें यंत्र तयार केलें.

**शीतकः—न्यूकोमन** याच्या यंत्रांत नळामध्यें वारंवार थंड पाणी जाऊन नळ थंड होत असे, व त्यामुळें फार वाफ व्यर्थ जाई. हें टाळण्याकरितां **वॉट** यानें प्रथमतः वेगळा व अलग असा एक शीतक यंत्रास जोडिला. हीच **वॉट** याची पहिली व मुख्य सुधारणा होय.

ज्या नळांत दट्टया खालवर सरतो, त्यापासून अगदीं वेगळें असें एक बंद भांडें वाफ थिजविण्यासाठीं नळास जोडण्याची कल्पना **वॉट** यानें प्रथम काढिली. उघडझांप करितां येण्याजोगा काक असलेल्या नळीनें दट्टयाच्या नळास त्यानें हें भांडें जोडिलें, व त्यास **शीतक** हें नांव दिलें. या भांड्यांत पाणी शिंपडून त्यांत नळीचा कॉक उघडून वाफ येई, व थिजवीत असे. या रीतीनें नळांतील वाफ बाहेर पडून या भांड्यांत थिजत असे. परंतु नळ थंड होत नसे. यामुळें नळांत गेलेल्या सर्व वाफेचा काम करण्यास उपयोग होई. या एका योजनेनें वाफेचा व त्यामुळें सर्पणाचा इतका कमी खर्च होऊं लागला कीं, **वॉट** व त्याचा भागीदार **बोल्टन** यांनीं हें यंत्र करण्याचा परवाना देऊन कांहीं वर्षेपर्यंत पुष्कळ फायदा मिळविला. **न्यूकोमन** याच्या यंत्रास जितके कोळसे लागत होते, त्याच्या फक्त $\frac{2}{3}$ कोळसे या यंत्रास लागूं लागले; व $\frac{1}{3}$ कोळशांची बचत होऊं लागली.

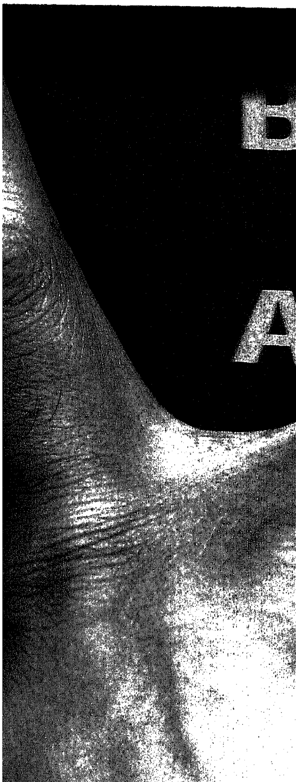
**एका बाजूनें कार्य करणारें यंत्रः—न्यूकोमन** याच्या यंत्रांत ज्यामध्यें दट्टया खालवर सरतो तो नळ वरच्या बाजूनें उघडा असे, आणि दट्टया वाफेनें मात्र वर उचलत असे; आणि नंतर वाफ थिजली म्हणजे हवेच्या दाबानें

तेणेंकरून नळाच्या बाजू थंड होत. यामुळें नळांत जी वाफ येईल तिज-पैकीं कांहीं वाफ नळाच्या बाजू पुन: उष्ण होईपर्यंत थिजून जाई. हा व्यर्थ खर्च होऊं नये, ह्मणून दोहों बाजूंनीं बंद अशा नळाचा उपयोग करण्याची दुसरी सुधारणा **वॉट** यानें केली, आणि वाफेचें कार्य दट्ट्याच्या वरच्या बाजूवर होऊन त्यानें दट्ट्या खालीं उतरावा अशी योजना केली. नंतर यंत्राच्या कार्यानेंच आळीपाळीनें उघडणारे व झांकणारे कॉक लावून दट्ट्या तळाशीं गेल्यावर वाफ दट्ट्याच्या वरच्या बाजूस व खालच्या बाजूस एकदम जावी अशी योजना केली. अशी दट्ट्यांच्या दोहों बाजूंस वाफ जाऊन त्याच्या दोहों बाजूंवर सारखा दाब पडल्यामुळें दट्ट्या समतोल राहूं लागला. दट्ट्याचा दांडा फिरत्या उच्चालकाच्या एका भुजेस जोडून दुसऱ्या भुजेस दट्ट्यास वर उचलून धरण्याजोगें वजन लाविलें. यामुळें दट्ट्याच्या वरल्या अंगास वाफेचें कार्य होऊन दट्ट्या खालीं गेल्यावर दट्ट्याच्या वरच्या बाजूस जाणारी वाफ बंद करून थिजवितांच या वजनानें दट्ट्या पुन: वर उचले. ह्मणजे वास्तविक वाफेचें कार्य दट्ट्यावर वरच्या बाजूनेंच होऊन दट्ट्या खालीं येत असे; आणि दट्ट्यास वर उचलण्याचें काम उच्चालकास लाविलेल्या वजनानें होत असे. या यंत्रांत हवा मुळींच शिरत नसे; व हवेच्या दाबाचें कांहीं कार्य होत नसे. आणि वाफेचें कार्य दट्ट्यावर फक्त एका बाजूनेंच उपयुक्त होत असे; ह्मणून अशा यंत्रास **एका बाजूनें कार्य करणारें यंत्र** असें नांव पडलें होतें.

या यंत्रांत असा एक मोठा दोष होता कीं, दट्ट्या खालीं उतरे त्या वेळीं मात्र यंत्रास जोर असे; यामुळें या यंत्राचा खाणींतील पाणी काढण्याचे बंब चालविण्यास मात्र उपयोग होई. कारण त्या बंबांत पाणी वर चढविण्यास फक्त एका दिशेस मात्र शक्ति लागत असे. परंतु जीं दुसरीं यंत्रें चालविण्यास सतत सारखी गति द्यावी लागते, तसलीं यंत्रें चालविण्यास याचा उपयोग होत नसे. उदाहरणार्थ कापसाच्या गिरण्या चालविण्यास हें यंत्र कुचकामाचें होतें. ह्मणून

**दोहों बाजूंनीं कार्य करणारें यंत्र**—असल्या
एका यंत्राचें पुढल्या कलमांत वर्णन केलें आहे, व तें आकृति ६० मध्यें दाख
आहे. या यंत्राचा नळ वरून व खालून असा दोहों बाजूंनीं वंद असतो.
यांतील दट्ट्याच्या वरच्या व खालच्या अशा दोहों बाजूंस आळीपाळीनें वाफ
आणि वाफेच्या जोरानेंच दट्ट्या वर उचलतो व खालीं येतो. यंत्राबरोबर
कॉक आपोआप उघडतात, व वंद होतात, अशा काकच्या योजनेनें
नळाचा दट्ट्याखालचा भाग शीतकाशीं जोडला जातो, तेव्हां दट्ट्याच्या व
नळाचा भाग तापकाशीं जोडला जाऊन त्यांत वाफ शिरते व त्या वाफेचें
दट्ट्यावर खूप जोरानें घडतें आणि दट्ट्या खालीं उतरतो. नंतर जेव्हां
नळाच्या तळाशीं पोंचतो, तेव्हां जोडाजोड बदलते; आणि दट्ट्यावरच्या न
भाग शीतकाशीं जोडला जाऊन त्यांतील वाफ थिजते; आणि दट्ट्याच्या खा
नळाचा भाग तापकाशीं जोडला जाऊन त्यांत वाफ येते; व तेणेंकरून द
पुनः वर उचलला जातो. नंतर पुनः जोडाजोड बदलून दट्ट्या पुनः ख
येतो; व नंतर पुनः वर जातो. यामुळें दट्ट्यास आळीपाळीनें सरळ
वरखालीं जाण्याची गति वाफेच्या कार्यानें मिळते, आणि या गतीचें पुढें व
केल्याप्रमाणें वर्तुळाकार गतीमध्यें रूपांतर होतें (क० ७० ).

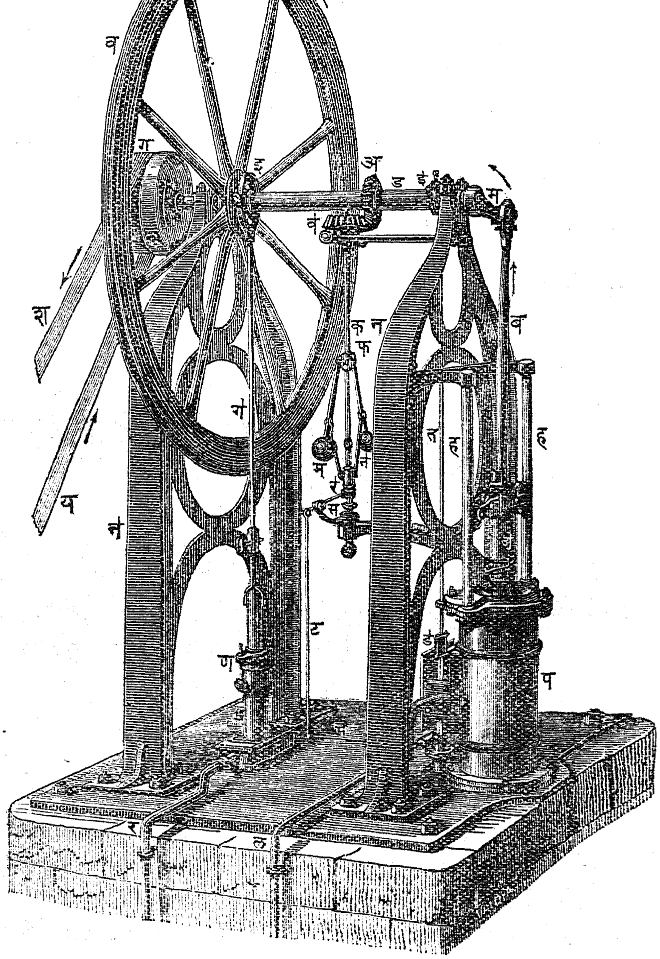
**वाताकर्षक यंत्र—वॉट** यानें आपल्या वाफेच्या यंत्रास त्या यंत्र
चालणारे तीन बंब जोडून यंत्र पुरें केलें. या बंबांचा यंत्रामध्यें महत्व
उपयोग होतो. शीतकांत जें थंड पाणी असतें, त्यांत वाफ येऊन थिजल
तिजमधील जी गुप्तउष्णता थंड पाण्यास मिळते, तिनें तें पाणी जलद उष्ण
(क० ६० ). असें उष्ण होतां होतां त्याचें उष्णमान १००° श झालें
तें वाफेस थिजविणार नाहीं. शिवाय थंड पाण्यांत जी थोडीबहुत हवा ने
विद्रुत झालेली असते ती तापकांतील पाण्याच्या उच्च उष्णमानामुळें तेथें ब
पडते. आतां ही हवा दट्ट्याच्या वरच्या व खालच्या बाजूस गेल्यानें दट्ट्या
गतीस लवकरच प्रतिबंध करील. हे दोन्ही अहितकारक परिणाम टाळ



**तापकांत व शीतकांत पाणी भरण्याचे बंबः**—दुसरे दोन बंब जे वॅाट यानें यंत्रास जोडिले, त्यांपैकीं एकानें तापकांत पाण्याचा पुरवठा होतो, व दुसऱ्यानें शीतकांत थंड पाण्याचा पुरवठा होतो. यांपैकीं एका बंबानें शीतकांतील हवा काढण्याच्या बंबानें जें गरम पाणी बाहेर निघतें तें तापकांत जातें, व हें गरम पाणी गेल्यामुळें सर्पणाची बरीच बचत होते. तिसऱ्या बंबानें विहिरीचें, नदीचें, किंवा दुसरें कोणतेंही थंड पाणी चढविलें जाऊन शीतकांतील जें गरम पाणी तापकांत जातें, त्या गरम पाण्याच्या जागीं त्यांत थंड पाणी येतें.

वर वर्णन केलेल्या महत्वाच्या या भागांशिवाय आणखी तीन छोट्या सुधारणा **वॅाट** यानें यंत्रांत केल्या:—(१) दट्ट्याच्या वरच्या बाजूस व खालच्या बाजूस आलटून पालटून आपोआप वाफ जाण्याचा **सरक पडदा**, (स्लाईडव्हाल्व्ह) जोडिला; (२) यंत्र सावकाश चालूं लागलें, तर नळांत जास्त वाफ जावी, आणि यंत्राचा वेग फार वाढला तर कमी वाफ जावी याकरितां एक **नियामक** (रेग्युलेटर) जोडिला; (३) आणि शेवटीं दट्ट्याच्या दांड्यास सरळ रेषेंत गति मिळण्याकरितां एक **समांतरभुज चौकोन** त्यानें यंत्रास जोडिला. याप्रमाणें जो **वॅाट** साधा शिल्पकार असून आरंभीं छोटीं शास्त्रीय यंत्रें करण्याचा धंदा करीत होता, त्यानेंच मोठे परिश्रम करून उत्तम शास्त्रीय यंत्रास जितकी पूर्णता व सूक्ष्मता आणावी लागते, तितकी सूक्ष्मता त्यानें वाफेच्या यंत्रांतील मोठमोठ्या भागांस आणिली, हें येथें सांगणें अवश्य आहे.

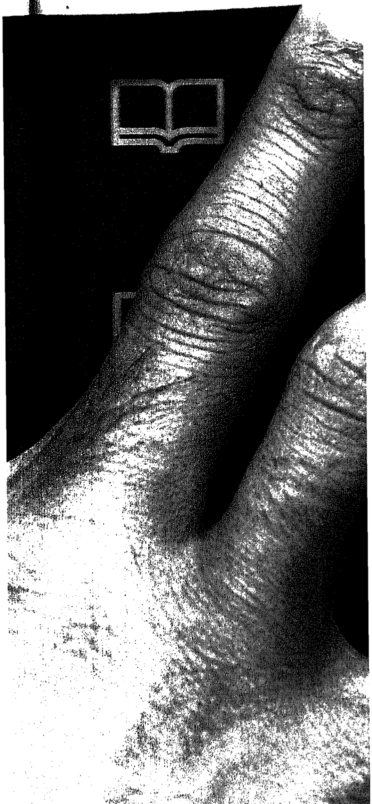
**७०. दोहों बाजूंनीं कार्य करणाऱ्या वाफेच्या यंत्राचें वर्णनः**—वर सांगितलें कीं, ज्या यंत्रांत दट्ट्यास खालीं सारण्याचें व वर उचलण्याचें कार्य वाफेच्या योगानें आलटून पालटून होतें, त्या यंत्रास दोहों बाजूंनीं कार्य करणारें यंत्र ह्मणतात. या जातीचें यंत्र आ० ६० मध्यें दाखविलें आहे.


व
ग
इ
अ
ड
ई
म
व
श
क न
फ
व
ग
त
ह
ह
य
न
म
र
स
ट
ण
ड
प
र
ल

असतो (आ० ६४ पहा) व तो नळाच्या झांकणांत मध्यभागीं वसविलेल्या **म** नळींतून फार थोड्या घर्षणानें वरखालीं सरतो. दट्ट्याचा दांडा आणि ही नळी या दोहोंमधील जागेंतून वाफ जाऊं नये, ह्मणून नळी दोन तुकड्यांची केलेली असते. एक तुकडा झांकणांत वसविलेला असतो, व दुसरा तुकडा पहिल्यांत तुस्त बसतो; व दोहोंस स्क्रूंनीं एकावर एक दावून घट्ट करितां येतें. दोहों तुकड्यांमध्यें चर्बीत भिजविलेले ताग, चामडें वगैरे कांहीं तरी मऊ व लवचिक पदार्थ घालून दोहोंस स्क्रूंनीं हवें तितकें आंवळून दार गच्च बंद ठेवितां येतें (आ० ६४ पहा). ह्या योजनेस **"स्टफिंग बॉक्स"** ह्मणजे "लवचिक द्रव्याची पेटी" ह्मणतात. यानें दट्ट्याच्या गतीस प्रतिबंध न होतां वाफ बाहेर जात नाहीं.

नळाच्या दोहों बाजूंस **ह, ह** हे दोन गज बसविलेले असून त्यांस जोडणाऱ्या आडव्या तुकड्यास दट्ट्याचा दांडा अडकविलेला असतो. यांच्या योगानें दट्ट्याची दांड्याची खालवर सरण्याची गति नियमित रेषेंत राहते. दट्ट्याच्या दांड्याचें शेवट, **ब** या एका लांब गजास जोडलेलें आहे. यास इंग्रजींत **कनेक्टिंग राड** ह्मणतात, आपण **सन्नहक दंड** असें नांव देऊं. कारण या **ब** गजाचें दुसरें वरचें टोंक **म** या आंखुड तुकड्यास जोडलेलें असतें (आ० ६० पहा). यास **क्र्यांक** (crank) ह्मणतात. दट्ट्या जेवढ्या अवकाशांतून खालवर सरकतो, त्याच्या निम्मे या तुकड्याची ह्मणजे क्र्यांकची लांबी असते. हा क्र्यांक **ड** या थोरल्या आडव्या गोल गजास किंवा कण्यास (शाफ्ट यास) पक्का बसविलेला असल्यामुळें त्यास आपली गति दिल्याशिवाय चलन पावतां येत नाहीं.

सन्नहक दंड व क्र्यांक या दोहोंच्या योगानें दट्ट्या व त्याचा दांडा यांस जी सरळ रेषेंत वर खालीं सरण्याची गति असते, तिचें सलग वर्तुलाकार गतींत रूपांतर होतें. कारण दट्ट्या वर जात असतां त्याच्या दांड्यानें क्र्यांकवर



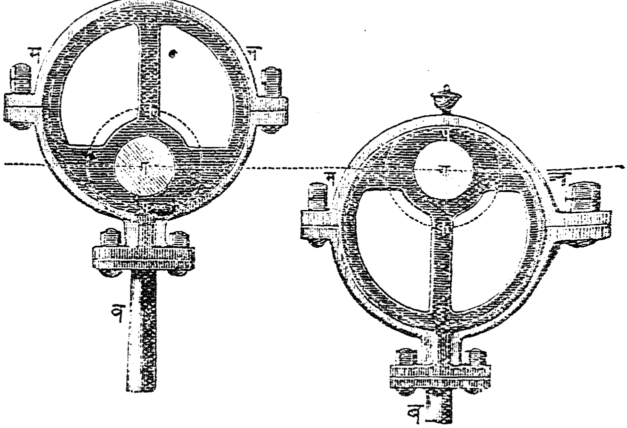
दट्ट्या खालीं उतरूं लागला, ह्मणजे दट्ट्याच्या दांड्याचें त्र्यांकवर त्याच दिशेंत, परंतु खालच्या बाजूस कार्य घडतें; आणि जेंव्हां दट्ट्या नळाच्या बुडाशीं पोंचतो, तेंव्हां पुनः दोहोंचीं टोंकें एकाच सरळ व लंबरेषेंत येतात. ह्मणून ज्या **ड** आडव्या गोल गजास किंवा कण्यास त्र्यांक जोडलेला असेल, त्याचा दट्ट्यावर चढत असतां अर्धा फेरा होतो, आणि दट्ट्या खालीं येत असतां बाकीचा अर्धा फेरा होतो. याप्रमाणें दट्ट्या एक वेळ वर खालीं सरला ह्मणजे गोल आंसाचा किंवा गजाचा एक पूर्ण फेरा आपल्या भोंवतीं होतो; आणि या रीतीनें दट्ट्याच्या सरळ रेषेंत वरखालीं सरण्याच्या गतीचें चक्राकार गतींत रूपांतर होतें आणि दट्ट्यास जोडलेला जो त्र्यांक त्याच्या योगानें **ड** कणा किंवा गज गरगरां फिरत राहतो. **ड** आंसास किंवा कण्यास मिळालेली गति दुसऱ्या यंत्रास देण्याकरितां पट्टा अडकविण्याचें छोट्या परिघाचें एक **ग** लहान चाक गोल कण्यावर किंवा गजावर गच्च बसविलेलें असतें; व तें कण्याबरोबर फिरतें. यावर **श य** हा चामड्याचा सलग पट्टा टाकलेला असून ज्या यंत्रास गति देणें असेल, त्या यंत्राच्या चाकावर घातला, ह्मणजे पहिल्या चाकाच्या गतीनें पट्ट्याच्या द्वारें यंत्राचें चाक फिरून यंत्रास गति मिळते. या रीतीनें मोठ्या कारखान्यांतील अनेक यंत्रांस गति देतां येते. **ड** कण्यावर पक्क्या बसविलेल्या **ग** चाकाच्या उजव्या बाजूस दुसरें एक चाक असतें. तें आडव्या **ड** कण्यावर पक्कें बसविलेलें नसून त्यावर फिरतें असतें. यावर पट्टा सारून याच्या योगानें वाफेचें यंत्र न थांबवितां दुसऱ्या यंत्रास गति देण्याचें बंद करितां येतें. एक लोखंडी डेळकें असतें, तें आकृतींत दाखविलें नाहीं. त्या डेळक्याच्या दोहों डेळ्यांमध्यें पट्टा असतो. या डेळक्याच्या योगानें पट्ट्यास **ग** या पक्क्या बसविलेल्या चाकावरून फिरत्या चाकावर सारतां येतें. हें चाक **ड** या कण्यावर पक्कें बसविलेलें नसल्यामुळें त्याबरोबर फिरत नाहीं; यामुळें त्यास व त्यावर सारलेल्या पट्ट्यास गति मिळत नाहीं, व त्यामुळें इतर यंत्रांस गति मिळत नाहीं.

आडव्या **ड** कण्यावर **व** हें एक फार मोठें लोखंडी चाक असतें. यास

थांवण्याचा संभव असतो. या दोन स्थळांस किंवा बिंदूंस **मृतस्थळें** किंवा **मृतबिंदु** ह्मणतात. याच वेळीं थोरल्या चाकास जी गति मिळालेली असते, त्या गतीनें ती गति त्याच्या जडत्वामुळें एकदम नष्ट न होतां **गतिचक्र** पुढें सरतें, आणि त्यानें आडव्या कण्यास गति मिळते, व या रीतीनें गतीची स्थिरता राहते. या चाकाचा दुसरा कांहीं साक्षात् उपयोग नसतो. तरी स्थायिक यंत्रांत यंत्राच्या गतीस स्थिरता मिळण्यासाठीं ह्मणजे सारखें फिरतें राहण्यासाठीं हें चाक लावलेलें असतें.

**७१. मध्यबाह्य (एक्सेंट्रिक). सरक पडद्याची पेटीः**—सलग वर्तुळाकार ह्मणजे चक्राकार गतीचें सरळ रेषेच्या गतींत रूपांतर करण्याकरितां **मध्यबाह्य** किंवा **एक्सेंट्रिक** ही योजना असते. याचा उपयोग यंत्रांमध्यें अनेक वेळां करितात. या मध्यबाह्यानें कण्याच्या वर्तुळाकार गतीचें खालवर सरण्याच्या सरळरेषारूप गतींत रूपांतर होऊन सरक पडद्यास व शीतकांत पाणी भरण्याच्या वंबांच्या दट्टयांस सरळ रेषेंत खालवर सरण्याची गति मिळते.

असलें एक मध्यबाह्य यंत्र कण्यास **इ** ठिकाणीं जोडलेलें आहे. व दुसरें **ई** ठिकाणीं जोडलेलें आहे. पहिल्यानें शीतकांत थंड पाणी चढविण्याचा वंब चालतो, आणि दुसऱ्यानें सरक पडदा खालवर सरतो. दोहोंचें कार्य एकाच प्रकारचें घडतें. हेंच मध्यबाह्य मोठें काढून समोरासमोरच्या दोन स्थितींत आ० ६१ व आ० ६२ मध्यें दाखविलें आहे. कण्यावर **प ई** हा धातूच्या जाड पत्र्याचा वर्तुळाकार तुकडा असा वसविलेला असतो कीं, ज्या मध्यबिंदूभोंवतीं तो फिरतो, त्यापासून या पत्र्याचा मध्य वेगळा असतो. पत्र्याचा मध्य **क** ठिकाणीं आहे; आणि फिरण्याचा मध्य **ग** आहे. या रचनेमुळें पत्र्याचा **क** मध्य **ग** सभोंवतीं एकसारखा फिरत राहतो. या फेऱ्याचा परिघ आकृतींत टिंबांच्या वर्तुळानें दाखविला आहे. ह्मणून प्रत्येक अर्ध्या फेऱ्यांत पत्र्याचा मध्य आ० ६१ मध्यें दाखविलेल्या स्थितींतून आ० ६२ मध्यें दाखविलेल्या स्थितींत जातो; आणि दुसऱ्या फेऱ्यांत उलट त्या स्थितींतून पहिल्या



स्थितींत येतो. यामुळें पत्र्याचा **क** मध्य **ग** बिंदूभोंवतीं फिरत असतां वस्तुतः त्यास वरखालीं व खालवर जाण्याची गति मिळते.

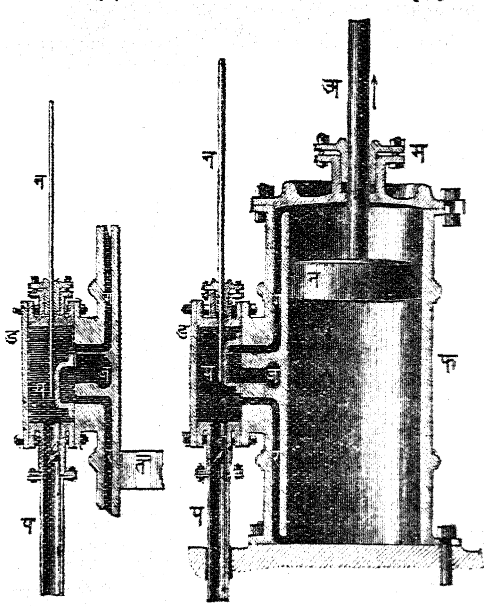
या गतीचा उपयोग करून घेण्याकरितां मध्यवाद्याच्या सभोंवतीं **म न** हें एक भक्कम कडें वसविलेलें असतें. गाडीच्या चाकाचा कणा आपल्या डब्यांत किंवा माइन्यांत जसा फिरतो, त्याप्रमाणें मध्यवाद्य या कड्यांत मोकळेपणीं फिरूं शकतो. यास्तव **ड** या आडव्या कण्याच्या वर्तुळाकार फेन्यांत या कड्यासहीं मध्यवाद्याच्या **क** मध्यबिंदूची वरखालीं जाण्याची गति येते. परंतु त्यास वर्तुळाकार फिरण्याची गति मिळत नाहीं. मध्यवाद्य मात्र चक्राकार फिरतो, आणि त्या सभोंवतालचें कडें फक्त वर जातें व खालीं येतें. या कड्यास एक चौकट लाविलेली असते. तिच्या योगानें कड्याची गति सरक पडद्याच्या **न** दांड्यास* मिळते, व त्यांच्या योगानें सरक पडदा व वंबाचे दट्टे वरखालीं सरतात.

---

* आ० ६१ आणि ६२ मध्यें हा दांडा **ब** अक्षरानें दर्शविला आहे.

पेटी यांचें उभें छिन्न दाखविलें आहे. तापकांतून **प** या पितळेच्या नळीनें सरक पडद्याच्या पेटींत वाफ शिरते. पेटींतून नळांत वाफ जाण्याच्या **ग, र** या दोन लहान नळ्या असून **ग** नळी नळाच्या वरच्या भागाशीं, आणि **र** नळी नळाच्या खालच्या भागाशीं याप्रमाणें जोडलेल्या असतात. जर दोन्ही नळ्या एकदम उघड्या राहतील तर नळांत खालून व वरून एकदम वाफ शिरेल व त्यानें दट्टया स्थिर राहील. कारण दट्ट्याच्या दोहों बाजूंवर वाफेचें सारखें कार्य घडेल; परंतु **न** दांड्यास पक्क्या जोडलेल्या **य** या सरक पडद्यानें दोहों-पैकीं एक द्वार नेहमीं बंद राहतें. आडव्या **ड** कण्यावर लाविलेल्या **इ** या

आ० ६३. आ० ६४.



तेव्हां मध्यवाह्य आ० ६४ मधील स्थितींतून आ० ६३ मध्यें दाखविलेल्या स्थितींत जातो. ह्मणून न दांडा ब त्याबरोबर सरक पडदा खालीं उतरतो, आणि तेणें-करून र द्वार बंद होऊन ग द्वारानें वाफ दट्ट्याच्या वरच्या बाजूस जाते, आणि दट्ट्या तिच्या जोरानें खालीं सरतो. याप्रमाणें सरक पडद्याच्या खालवर जाण्यानें वाफ क्रमाक्रमानें खालवर जाते, आणि दट्ट्या खालवर फिरत राहतो.

वाफ खालवर जाण्याचें जें हें वर्णन केलें, तें पुरें करण्यास आ० ६४ मध्यें दाखविल्याप्रमाणें जेव्हां वाफ दट्ट्याच्या खालच्या बाजूस जाऊन दट्ट्यास वर चढवीत असते, तेव्हां दट्ट्याच्या वरच्या बाजूस असलेल्या वाफेचें काय होतें, तें सांगितलें पाहिजे. दट्ट्याखालीं वाफ शिरल्यावर दट्ट्यावर तशीच वाफ राहिली, तर दट्ट्या वर सरणार नाहीं; याकरितां तेथील वाफ घालविण्याची योजना असली पाहिजे. जेव्हां र नळीनें दट्ट्याखालीं वाफ जाते, तेव्हां नळाचा वरचा भाग ग या नळीनें ज या द्वाराशींच जोडला जातो, आणि ज द्वारांतून ल ही नळी शीतकांत गेली आहे. (आ० ६० मध्यें पहा.) तिजमधून नळांतील वाफ शीतकांत जाते. दट्ट्यावर ज्या वाफेचें कार्य झालें ती वाफ ज या द्वारांतून ल नळीनें मागें सांगितलेल्या थंड पाण्यानें भरलेल्या शीतकांत (क० ६९) जाऊन थिजते, किंवा नुसत्या हवेंत जाते; आणि नळाच्या वरच्या बाजूस वाफ जाऊन दट्ट्या खालीं जातो, तेव्हां सरक पडदा आ० ६३ मध्यें दाखविलेल्या स्थितींत असतो, आणि तेव्हां नळाच्या खालच्या भागांतील वाफ र नळीनें ज द्वारांतून ल द्वारानें शीतकांत जाते.

**७२. नियामक:**—या यंत्रानें सरक पडद्याच्या पेटींत जी वाफ जाते तिचें परिमाण नियमित राहतें. यंत्र फार सावकाश चालूं लागलें तर पेटींत आपोआप जास्त वाफ जाऊं शकते, व यंत्र जलद चालूं लागलें तर कमी जाऊं शकते. हा नियामक फ नं र म या समांतर भुजचौकोनाचा असून त्याचे चारी कोनांतील सांधे फिरते असतात (आ० ६० पहा). आडव्या ड कण्या-वर अ हें एक दंतुरचक्र पक्कें बसविलेलें असून त्याच्या गतीनें दुसरें एक दंतुर-

समांतरभुज चौकोनाच्या ह्मणजे नियामकाच्या वरच्या **फ म, फ न'** या दोन बाजूंच्या शेवटांस **म, न'** या दोन भरींव गोट्या अडकविलेल्या आहेत. **क** या उभ्या दांड्यावर वर खालीं सरण्याजोगा **र'** हा एक नळीचा तुकडा असून त्या तुकड्यास समांतरभुज चौकोनाच्या खालच्या दोन बाजू **म र'** व **न' र'** जोडलेल्या असतात. ह्मणून **म, न'** गोट्यांवर केंद्रोत्सारी प्रेरणेचें कार्य होऊन जेव्हां गोट्या परस्पर दूर जातात, तेव्हां समांतरभुज चौकोन फांकतो, व **र'** नळी वर चढते. या **र'** नळीची गति **स** या उच्चालकास मिळते. या उच्चालकाची आंखूड भुजा खालीं गेल्यामुळें, **ट** या लांब दांड्यावर दाबते. **ट** या दांड्यानें **च** हा दुसरा उच्चालक वांकला जाऊन ज्या **क्ष** नळीनें सरक पड्याच्या पेटींत वाफ शिरते, त्या नळीच्या तोंडांत असलेल्या छोट्या पड्यास किंचित् चक्राकार गति मिळते ( आ० ६३।६४ पहा ). या पड्यानें **क्ष** नळीचें द्वार कांहीं बंद होऊन किंवा जास्त उघडून कमजास्त वाफ पेटींत शिरते.

**७३. तापकांत पाणी भरण्याचा बंबः**—तापकांतील पाण्याची वाफ होत जाईल त्या मानानें नवें पाणी त्यांत या बंबानें भरलें जातें. आ० ६० मध्यें हा बंब **ण** ठिकाणीं आकृतीच्या डाव्या बाजूस बसविलेला आहे. या बंबास **ई** या मध्यवाह्यापासून **ग'** या लांब दांड्यानें गति मिळून **ण** बंब चालतो; याच्या नळीनें विहिरींतील किंवा हौदांतील थंड पाणी बंबांत चढतें, आणि हें बंबांतील पाणी **र** नळीनें तापकांत जोरानें फेकलें जातें. किंवा शीतकांतून काढलेलें गरम पाणी या बंबानें तापकांत जातें व शीतकांत थंड पाणी चढविण्याचा एक तिसरा बंब असतो.

**७४. अनेक जातींचीं वाफेचीं यंत्रेंः—उच्च दाबाचीं यंत्रें** व **नीच दाबाचीं यंत्रें** असे वाफेच्या यंत्रांचे दोन वर्ग करितात. ज्या यंत्रांत वाफेचा दाब वातावरणाच्या दाबाहून फारसा अधिक नसतो, उदाहरणार्थ दर चौरसइंचावर २० पौंडांहून जास्त दाब नसतो, त्या यंत्रांस **नीच दाबाचीं यंत्रें** (Low Pressure Engines) ह्मणतात; आणि ज्या यंत्रांत वाफेचा दाब

काम केलेल्या वाफेस थिजविण्याची योजना असते; ह्मणजे दट्ट्यावर वाफेचें कार्य झाल्यावर ती वाफ शीतकांत सोडून थिजवितात. उच्च दाबाच्या यंत्रास पुष्कळ वेळां शीतक नसतो. आगगाडी चालविण्याचें वाफेचें यंत्र हें या प्रकारचें असतें.

दट्ट्या तळापासून थेट माथ्यापर्यंत व माथ्यापासून थेट तळापर्यंत जात असतां सर्वकाल तापकांतील वाफ नळांत शिरत राहील, तर वाफेच्या अंगीं वस्तुतः सारखाच स्थितिस्थापक जोर राहील, व त्या वाफेचें कार्य **प्रसरणाशिवाय** घडेल. परंतु जर सरकपड्याची योग्य रचना करून दट्ट्या एकंदर ज्या अवकाशांतून चढावयाचा किंवा उतरावयाचा असतो, त्याच्या $\frac{१}{२}$ किंवा $\frac{३}{४}$ अवकाशांतून दट्ट्यास गति मिळाल्यावरोवर नळांत वाफ सोडण्याचें वंद केलें, तर नळांत गेलेली वाफ प्रसरण पावते ह्मणजे तिच्या उच्च उष्णमानामुळें जी तिच्या अंगीं स्थितिस्थापक शक्ति असते, तिचें कार्य दट्ट्यावर घडतें; आणि दट्ट्यास वाकी राहिलेल्या अवकाशांतून गति मिळते. यावरून ज्यांत **प्रसरणानें** काम होतें, व ज्यांत होत नाहीं, असेही दोन भेद वाफेच्या यंत्रांचे करितात.

प्रसरणानें काम करून घेण्याचें तत्व नीच दाबाच्या यंत्रास लागू करितां येत नाहीं; कारण त्या यंत्रांतील वाफेचा स्थितिस्थापक जोर फार नसतो. परंतु उच्च व मध्यम दाबाच्या यंत्रांत प्रसरणानें काम करून घेतल्यानें वाफ व ती उत्पन्न करण्यास लागणारें सर्पण यांत पुष्कळ वचत होते; इतकेंच नाहीं तर ज्या वेळीं दट्ट्यास मिळालेल्या वेगाचा वाढण्याचा कल असतो, त्याच वेळीं वाफेचा दाव कमी करून गति नियमित ठेवितां येते.

**७५. यंत्राचें काम; घोड्याची शक्तिः**—दट्ट्यावरील सरासरी दाव, दट्ट्याचें क्षेत्र, व त्याच्या ठोक्याची ज्या अवकाशांतून दट्ट्या वर खालीं जातो त्याची लांबी, या तिहींच्या गुणाकारानें दट्ट्याचें काम मापितात. एक फूट उंचीमधून एक पौंड वजन गुरुत्वाविरुद्ध वर उचललें असतां जें काम होतें

सहस्रग्राम वजन उचललें असतां जें काम होतें, त्यास **मात्रासहस्रग्राम** ह्मणतात; व यासच काम मापण्यास फ्रान्सदेशांत, **एकप्रमाण** कल्पितात. एकमात्रा सहस्रग्राम काम ७·२३३ फुट–पौंडांबरोबर असतें.

मोठ्या यंत्रांतील कामाचें मान विवक्षित काळांत उदाहरणार्थ एका सेकंदांत किंवा एका तासांत जें काम होत असेल, त्यावरून काढितात. विलायतेंत कामाचें मान **घोड्याच्या शक्तीनें** मापितात. **घोड्याची शक्ति** हें केवळ सांकेतिक ठरविलेलें प्रमाण असून एका सेकंदांत ५५० **फुट–पौंड** काम झालें ह्मणजे त्या कामास **एक घोड्याच्या शक्तीचें काम** असें मानितात.

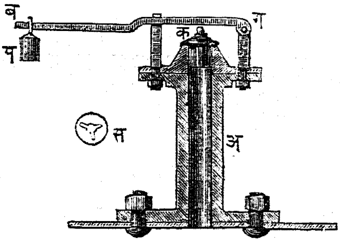
आतां असें समजूं कीं, एका वाफेच्या यंत्रांतील दट्ट्याचें क्षेत्र ३० चौरस इंच आहे, आणि त्याच्या ठोक्याची लांबी १८ इंच आहे; ह्मणजे दट्ट्या दर वेळीं १८ इंचांतून चढतो व उतरतो. या यंत्राचे दरमिनिटास वर खालीं असे ८४ ठोके होत आहेत. आणखी असें समजूं कीं, दट्ट्यावर वाफेचा दाब दरचौरस इंचावर १४ पौंड या मानानें आहे. तर हें वाफेचें यंत्र जें काम करील तें $३० \times १४ \times ८४ \times २ \times १\frac{१}{२} = १०५८४८$ फुट–पौंड दर मिनिटास काम होईल. या यंत्रांतील वर्षण अतिक्रमण करण्यास, बंब चालविण्यास वगैरे जें काम लागेल, तें यांतून वजा केलें पाहिजे. हें शेंकडा स्थूलमानानें ३५ लागतें असें घेतलें, तर दरसेकंदास ११४४·६ फुट–पौंड उपयोगी काम होईल. हें काम वर दिलेल्या प्रमाणावरून $\frac{११४४·६}{५५०} = २·०८$ घोड्यांच्या शक्तीबरोबर आहे.

**७६. वाफ करण्याचा तापक** (Boiler):—वाफ करण्याचा तापक ह्मणजे ज्यांत वाफ उत्पन्न होते तें भांडें व त्यास लाविलेलीं यंत्रें यांचें वर्णन अद्यापि करावयाचें आहे. आ० ६५ मध्यें हा तापक लांबचलांब कसा दिसतो, तें दाखविलें आहे; आणि आ० ६६ मध्यें वाफेचा तापक व त्याची भट्टी यांचें आडवें छिन्न दाखविलें आहे. तापक हा **घर** या लांब घडांव लो-

जास्त वर उचलले जाते. यावरून पाण्याचा पुरवठा हवा तसा बेताचा ठेवितां येतो.

**७८. रक्षकपडदा**:—तापकांतील वाफेचा दाब वैरल्यमापकानें मापितात (पू. भाग १. क० १३७). परंतु जर दाब कळेल त्याप्रमाणें विस्तव वगैरे कमी करून वाफेचा जोर कमी करण्याकडे लक्ष दिलें नाहीं, तर त्यापासून होणारे अनर्थ या यंत्रानें टळणार नाहींत. ह्मणून **पेपिन** यानें आपल्या यंत्रास (क० ५४) ज्या प्रकारचा रक्षक पडदा लाविला होता, तसले रक्षक पडदे तापकांस लावितात. असला रक्षक पडदा मोठ्या प्रमाणावर काढून आ० ६७ मध्यें

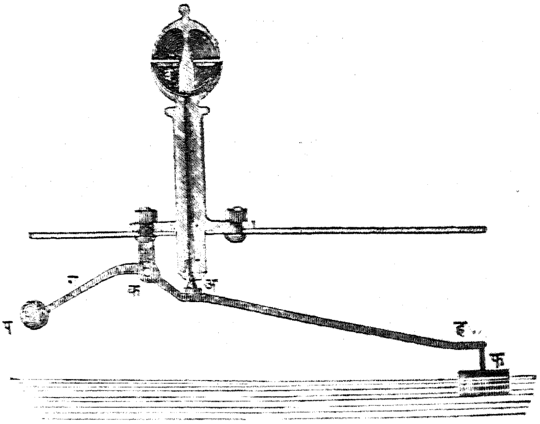
आ० ६७




दाखविला आहे. तापकावर बसविलेल्या **अ** या नळीस झांकणारें **क** हें धातूचें झांकण असतें. हें झांकण तापकाच्या बाजूस चिकटूं नये, ह्मणून **स** ठिकाणीं आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तिन्ही बाजूंनीं पोकळ केलेलें असतें. यामुळें तें साध्या गुडदीपेक्षां पाण्याच्या बंबाच्या चपट्या पडद्यासारखें दिसतें. या झांकणावर **गब** हा उच्चालक टेंकतो; आणि त्याच्या **ब** टोंकास जें **प** वजन लाविलेलें असतें, त्यानें **क** झांकणावर दाब पडून तें गच्च बसतें. **प** वजनास पुढें मागें सारून **क** झांकणावरील किंवा पडद्यावरील दाब हवा तेंव्हां कमी किंवा जास्त करितां येतो. याकरितां उच्चालकाच्या भुजेवर खुणा करून प्रत्येक खुणेवर **प** वजन नेलें असतां किती दाब दर्शविला जातो, हें मांडलेलें असतें. १ खुणेवर वजन नेलें असतां वातावरणाइतका ह्मणजे दरचौरस इंचावर १५ पौंड दाब पडतो; आणि वातावरणाच्या पांचपटीहून जास्त दाब असूं नये अशी इच्छा असेल, तेंव्हां ५ आंकड्यावरच वजन ठेवितात; आणि जोंपर्यंत वाफेचा दाब यांहून कमी असतो, तोंपर्यंत उच्चालकाच्या दाबानें **क** पडदा किंवा झां-

असतें. या यंत्रानें तापकांतील पाण्याची सपाटी फार खोल गेली तर ती गोष्ट अंतरावरून समजते. यांत **फ** हें एक तरंग **क** टेंकूवर फिरत्या **गह** उचालकाच्या उजव्या टोंकास टांगलेलें असतें (आकृति ६८ पहा); आणि त्यास तोलून

आ० ६८.




धरण्याकरितां **प** हें वजन दुसऱ्या टोंकास लाविलेलें असतें. उचालकास **अ** ही एक शंकाकार गुडदी बसविलेली असून ती तापकास लाविलेल्या नळीस गच्च झांकिते. ही नळी माथ्यावर दोन अर्धगोलाकार झांकणांनीं बंद केलेली असते. खालच्या अर्धगोलाकार झांकणाच्या मध्यभागीं एक **इ** चकती असते, ती झांकणाच्या अगदीं कडांपर्यंत पोंचण्याजोगी नसते. दोहों गोलार्धांमध्यें जो गोल अवकाश असतो, त्यांत **अ** शंकाकार गुडदी वर उचलते तेव्हां वाफ येते.

जोंपर्यंत तापकांतील पाणी नियमित उंचीवर असतें, तोंपर्यंत **फ** तरंग वर उचललें जाऊन **अ** गुडदी नळीवर दाबते, व द्वार बंद करिते. परंतु पाण्याची सपाटी खालीं जातांच तरंग खालीं जातें, व त्याबरोबर गुडदीही खालीं सरून

सून फार तीक्ष्ण आवाज निघतो (उ. भाग २ क० ३८). आगगाडीच्या यंत्रावर गाडी हांकणारा अशाच तऱ्हेच्या शिटेनें स्टेशनापासून दूर असतां स्टेशनावरच्या मनुष्यांस इशारा देतो. एक कॉक उघडून वाफ बाहेर सोडली ह्मणजे ती नळीच्या वरच्या झांकणावर आदळून शीट वाजते.

---

## प्रकरण ११.

## आर्द्रतामापन.

८०. हवेच्या विवक्षित आकारमानामध्यें पाण्याच्या वाफेचें परिमाण किती आहे, हें आर्द्रतामापनानें काढितात. हें परिमाण भिन्न भिन्न काळीं भिन्न भिन्न असतें. जेथें चोहों बाजूंनीं समुद्र आहे, अशा ठिकाणची सुद्धां हवा क्वचितच पाण्याच्या वाफेनें संपृक्त झालेली असते. परंतु ती कधीं शुष्कही नसते. कारण क्यालसियम क्लोराईड, सल्फ्युरिक आसिड इत्यादि, आर्द्रताशोषक पदार्थांस, ह्मणजे ज्यांची पाण्याशीं अतिशय प्रीति आहे, अशा पदार्थांस केव्हांही आणि कोठेंही हवेंत उघडें ठेविलें, तरी हे पदार्थ हवेंतील जास्तकमी पाण्याच्या वाफेस शोषण करितात.

हवेच्या आर्द्रतेचें मान हवेंतील पाण्याच्या एकंदर वाफेच्या परिमाणावर अवलंबून नसतें. परंतु हवा संपृक्त होण्यास जी वाफ लागेल त्याहून ज्या मानानें जास्त किंवा कमी वाफ हवेंत असेल, त्यावर आर्द्रतामान अवलंबून असतें. जेव्हां हवा थंड असते, तेव्हां फार थोड्या वाफेनें ती आर्द्र होते, आणि जेव्हां ती उष्ण असते तेव्हां तिजमध्यें पुष्कळ वाफ असली तरी ती फार शुष्क असते. हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत हवेमध्यें बहुधा पाण्याची वाफ जास्त असते. तथापि ती कमी आर्द्र असते; कारण जसें उष्णमान जास्त असतें, त्याप्रमाणें हवा वाफेनें संपृक्त होण्यास जास्त वाफ लागते. ह्मणून हवेंत असलेली वाफ

माण फार वाढतें. याप्रमाणें शरीरास अपकारक होण्याजोगी हवा शुष्क होऊं शकेल, ह्मणून हवेंत वाफ मिसळण्याकरितां चुलीवर पाण्याचीं भांडीं ठेवून खोलींत वाफ सोडतात.

ऋतु, हवा, उष्णमान आणि दुसरीं स्थानिक कारणें यांवरून वातावरणांतील वाफेचें परिमाण नेहमीं पुष्कळ बदलतें. हवेंतील ह्मणजे वातावरणांतील आर्द्रतेचें मान मध्यम प्रमाणानें असलें, ह्मणजे ती हवा प्राण्यांच्या जीवनास योग्य असते. जेव्हां हवा फार शुष्क असते, ह्मणजे जेव्हां ईशान्येकडून ढांसा वारा सुटतो, तेव्हां त्वचेंतून बाष्पभवन फार चालून कातडी तटतटते, व अंग फुटतें आणि एकंदरींत फार असमाधान वाटतें. तसेंच जर हवा फार आर्द्र असली, तर त्वचेंतून बाष्पभवन फार थोडें होतें, व त्यामुळें गुदमदल्यासारखें होऊन सुस्ती येते. याकरितां या दोन फाजील स्थिति ह्मणजे परमावधीच्या मर्यादा टाळण्यासाठीं राहण्याच्या घरांतील आर्द्रतेचें मान नियमित ठेवणें जरूर असतें.

**८१. आर्द्रतादर्शकः**—हवेचें आर्द्रतामान समजण्याचीं दोन प्रकारचीं यंत्रें असतात. एका प्रकारच्या यंत्रांस **आर्द्रतादर्शक** ह्मणतात; व त्यांवरून हवा जास्त किंवा कमी आर्द्र आहे एवढेंच समजतें; परंतु हवेंत आर्द्रतेचें परिमाण किती आहे हें समजत नाहीं. दुसऱ्या प्रकारच्या यंत्रांस **आर्द्रतामापक** ह्मणतात, व त्यांवरून आर्द्रतेचें परिमाण बरेंच सूक्ष्म रीतीनें मापितां येतें.

साधें मीठ व दुसरे आर्द्रताशोषक क्षार यांचा आर्द्रतादर्शकांप्रमाणें उपयोग करितां येतो. याचप्रमाणें प्राणिज व उद्भिज्ज पदार्थांपैकीं कित्येकांचाही असा उपयोग करितां येतो. उदाहरणार्थः—कागद, चर्मपत्र, केंस इत्यादि पदार्थ ओले झाले, ह्मणजे लांब होतात; आणि शुष्क झाले ह्मणजे आंकसतात. येणेंकरून हवेंतील वाफेचें परिमाण जास्त किंवा कमी आहे हें समजतें. ज्यांचा उपयोग आर्द्रतादर्शकाप्रमाणें होतो, अशीं बरींच यंत्रें करण्यांत आलीं आहेत. त्यांपैकीं साधारण असें एक आकृति ६९ मध्यें दाखविलें आहे. यांत एका जोग्या गोसाव्याची आकृति फळीवर उभी असून, त्याच्या डोक्यावर जाड कागदाची टोपी




लहान तुकड्याच्या एका शेवटास लाविलेली असते; व त्याचें दुसरें शेवट उजवीकडच्या छिद्रांत दाखविल्याप्रमाणें क या आडव्या नळीच्या छोट्या तुकड्यांत गच्च बसविलेलें असतें. ही दोरी शुष्क झाली ह्मणजे आंखूड होऊन तिला जास्त पीळ पडतो, आणि हवा आर्द्र झाली, ह्मणजे ती दोरी आर्द्रताशोषणानें लांब होते व येणेंकरून टोपी सरकते. टोपी व दोरी यांची रचना अशी केलेली असते कीं, जेव्हां हवा आर्द्र असते, तेव्हां टोपी डोक्यावर यावी, व हवा शुष्क असते तेव्हां डोक्यावरून निघावी.

हें व असलीं दुसरीं यंत्रें यांतील फेरफार फार सावकाश घडतात, व यांपासून जें ज्ञान होतें, तें विशेष प्रकारची हवा पडल्यानंतर मागाहून होतें. शिवाय यापासून बरोबर व सूक्ष्म असें आर्द्रतेचें मान मुळींच समजत नाहीं.

**८२. हवेच्या आर्द्रतामानाची स्थितिः**—हवेच्या आर्द्रतामाना-वरून हवेमध्यें प्रत्यक्ष पाण्याची वाफ किती आहे, हें आपणास समजत नाहीं; परंतु हवा पाण्याच्या वाफेनें संपृक्त झाली असतां तिजमध्यें जी पाण्याची वाफ असूं शकेल, तिच्या वजनाच्या कितव्या हिश्शानें हवेमध्यें प्रत्यक्ष असलेली वाफ आहे, हें मात्र समजतें. यास्तव जेव्हां आपण ह्मणतों कीं, हवा $\frac{3}{4}$ संपृक्त झालेली आहे, तेव्हां आपल्या ह्मणण्याचा असा अर्थ असतो कीं, पाण्याच्या वाफेनें हवा खरोखर संपृक्त झाली असतां तिजमध्यें जी वाफ असू शकेल, तिचे $\frac{3}{4}$ वाफ हल्लीं हवेंत आहे.

पदार्थांनीं भरलेल्या अनेक शुष्क करण्याच्या नळ्यांमधून विवक्षित आकारमा-नाची हवा घालविण्याची योजना करून हें यंत्र केलेलें असतें. हवा घालवि-ण्यापूर्वीं व हवा घालविल्यावर नळ्यांचीं वजनें करितात. नळ्यांतील आर्द्रता-शोषक पदार्थानें हवेंतील आर्द्रताशोषण केल्यामुळें हवेस त्यावरून जाऊं दिल्या-वर नळ्यांचें वजन वाढतें. हें वाढलेलें वजन ज्या आकारमानाची हवा नळ्यां-मधून घालविली असेल, तिजमधील आर्द्रतेचें असतें.

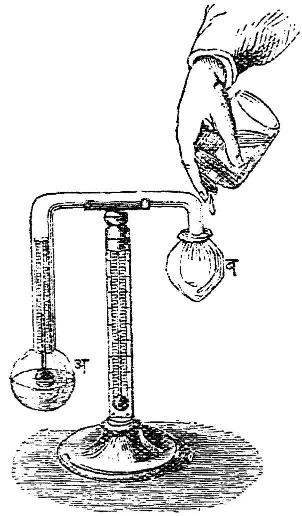
ही रीति फार सूक्ष्म आहे. परंतु या रीतीनें आर्द्रतेचें मान काढण्यास फार अडचण पडते, व त्रास होतो.

याहून फार सोईचीं अशीं हवेंतील वाफ थिजवून आर्द्रतामान काढ-ण्याचीं आर्द्रतामापकें असतात. या यंत्रांत कृत्रिम रीत्या शीत केलेल्या पदार्थावर हवेंतील वाफ थिजवून आर्द्रतामान काढतात. चकचकीत जिल्हईदार धातूच्या लहानशा पेल्यांत वर्फाचा लहानसा तुकडा टाकावा, ह्मणजे पेला शीत होऊन पेल्याच्या बाहेरल्या बाजूचें उष्णमान उतरत जातें व तें सूक्ष्म अशा उष्णमापकानें समजतें. आर्द्र हवेमध्यें भांडें याप्रमाणें शीत होत गेलें, ह्मणजे त्याच्या स-न्निध असलेला हवेचा थरही शीत होत जातो, आणि अखेरीस त्याचें उष्णमान इतकें उतरतें कीं, त्या उष्णमानावर हवेंत असलेल्या वाफेनें हवा संपृक्त होते. यानंतर आणखी थोडें उष्णमान उतरतांच हवेंतील वाफ थिजून दंवाच्या रूपानें पाण्याचे थेंब पेल्याच्या बाहेरल्या बाजूवर जमतात. नंतर पुनः उष्णमान वा-ढलें ह्मणजे दंव नाहींसा होतो; आणि या दोहों उष्णमानांचें जें मध्यम प्रमाण त्यास **दंवाचा बिंदु** किंवा **दंव पडण्याचें उष्णमान** असें ह्मणतात.

**डेनीयल** याचें आर्द्रतामापक हें या वर्गांतील यंत्राचें चांगलें उदाहरण आहे. दोन वेळ काटकोनाकार वांकविलेल्या व दोहों शेवटांस फुगे असलेल्या अशा कांचेच्या नळीचें हें यंत्र केलेलें असतें (आ० ७० पहा). **अ** फुगा ईथर या मद्यार्कानें $\frac{3}{4}$ भरलेला असतो, व ईथरमध्यें यंत्राच्या नळींत बसविलेल्या

एका नाजुक व लहान अशा सूक्ष्म उष्णमापकाचा फुगा बुडालेला असतो. दु

आ० ७०.




सऱ्या फुग्यांत व बाकीच्या नळींत ईथरच्य
वाफेशिवाय कांहीं नसतें. कारण **अ** फु
ग्यांतील ईथर या द्रवास कढवून याच्य
वाफेनें फुगा व नळी भरल्यानंतर **ब**
फुगा बंद केलेला असतो. **ब** फुग्याभोंवत
मलमलीचा पातळ कपडा मढविलेला अ
सतो, व त्यावर एका दुसऱ्या कुपींतू
ईथर हा मद्यार्क थेंबथेंब ओततात. ईथ
हा अत्यंत चपल द्रव असल्यानें त्याच
वाफ त्वरित होते, व तेणेंकरून फुगा शी
होतो; व त्यामुळें त्यांतील वाफ थिजत
नळी व फुगा यांतील वाफ थिजतांच अ
फुग्यांतील ईथर या द्रवावरील दाब कम
होतो. यामुळें त्यांतील द्रवाची आणख
वाफ होऊन नळी व **ब** फुगा भरते

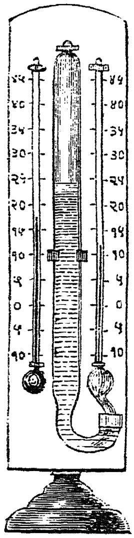
ही वाफ **ब** फुग्याच्या नीच उष्णमानामुळें पुनः थिजते, व **अ** फुग्यांती
द्रवाची पुनः वाफ होते. याप्रमाणें ज्या मानानें खालच्या **अ** फुग्यांतील द्र
वाची वाफ होऊन वरच्या **ब** फुग्यांत थिजते, त्या मानानें **अ** फुग्यांतील ई
रचा द्रव अधिकाधिक शीत होत जातो. याप्रमाणें शीत होतां होतां **अ** फु
ग्याच्या सन्निध असलेल्या हवेचें उष्णमान इतकें उतरतें कीं, हवेंत असलेल
वाफेनें ती संपृक्त होते. याहून आणखी उष्णमान उतरतांच त्या उष्णमाना
हवेंत असलेली वाफ तिला संपृक्त करण्यास लागत नाहीं, याकरितां फाजी
वाफ थिजून ईथरच्या पृष्ठभागाखालील फुग्याच्या बाहेरच्या बाजूवर दंवाच
रूपानें जमते. याप्रमाणें जेव्हां फुग्यावर दंव दिसूं लागतो, त्या वेळीं फुग्यांती
उष्णमापकाचें उष्णमान काय असेल तें टिपून घेतात. नंतर **ब** फुग्यावर ईथ
पाडविण्याचें बंद करितात. ह्मणजे **अ** फुग्याचें उष्णमान वाढूं लागतें, आ
ज्या उष्णमानावर **अ** फुग्यावरील दंव नाहींसा होतो, तें उष्णमानही टिपू

घेतात. **अ** फुग्यावर जमलेला व गेलेला दंव लौकर दिसावा ह्मणून **अ** फुगा काळ्या कांचेचा केलेला असतो.

हीं दोन उष्णमानें समजल्यावर त्यांचें मध्यम प्रमाण काढून तें दंव पडण्याचें उष्णमान किंवा दंवाचा बिंदु असें समजतात. प्रयोग करितेवेळीं हवेचें जें उष्णमान असतें, तें यंत्राच्या बैठकीवरील उष्णमापकानें समजतें. दंव पडण्याच्या उष्णमानावर पाण्याच्या वाफेचा स्थितिस्थापक जोर किती असतो, हें स्थितिस्थापक जोरांच्या कोष्टकावरून काढितात (क० ५५). ह्याच जोर प्रयोग करितेवेळीं हवेंत असलेल्या वाफेचा असतो. हवेच्या उष्णमानावर तिला संपृक्त करण्यास जी वाफ लागेल तिचाही जोर त्याच कोष्टकावरून काढितात. दुसऱ्या जोरास पहिल्या जोरानें भागून जो भागाकार येतो, तो भागाकार हवेचें आर्द्रतामान दर्शवितो. उदाहरणार्थ असें समजूं कीं, हवेचें उष्णमान १५° **श** आहे, आणि दंवाचा बिंदु ह्मणजे दंव पडण्याचें उष्णमान ५° **श** आहे. कोष्टकावरून ५° **श** उष्णमानावरील वाफेचा जोर ६·५३ सहस्रांश मात्रा आहे. आणि १५° **श** उष्णमानावरील जोर १२·७ सहस्रांशमात्रा आहे. यास्तव ६·५३ ÷१२·७=०· ५१४ हवेचें आर्द्रतामान झालें.

याहून जास्त सोईचें एक आर्द्रतामापक आहे, व त्याचा उपयोग दिवसेंदिवस फार वाढत चालला आहे. यास **ओल्या बोंडाचें आर्द्रतामापक** असें ह्मणतात. हवा जशी शुष्क असेल, त्या मानानें हवेंत ओल्या पदार्थांचें बाष्पभवन जास्त चालतें, व या बाष्पभवनामुळें पदार्थांचें उष्णमान उतरतें. या तत्वावर या यंत्राची रचना केलेली असते. आर्द्रतामान मापण्यास या तत्वाचा उपयोग करावा असें प्रथमतः **लेस्ली** यानें सुचविलें. विलायतेंत ज्या असल्या यंत्राचा उपयोग करितात, तें **मेसिन** यानें शोधून काढिलें. एका

आ० ७१.



लांकडी बैठकीवर दोन सूक्ष्म उष्णमापकें बसविलेलीं असतात (आ० ७१ पहा). एका उष्णमापकाचा फुगा मलमलीच्या पातळ कापडानें मढविलेला असतो; व एका पाण्याच्या भांड्यांत चिंधी बुडवून तिच्या द्वारें मढविलेल्या फुग्यावर पाणी पाडवितात, व तेणेंकरून फुग्यावरील कपडा सतत ओला राहतो. आकृतींत दाखविलेल्या यंत्रांत दोहों उष्णमापकांमध्यें एक पाण्यानें भरलेली नळी बसविली असून तिजमध्यें बोंडाभोंवतालच्या मलमलीचें शेवट बुडविलें आहे. यामुळें केशाकर्षणानें पाणी चढून बोंडाभोंवतालचा कपडा नेहमीं ओला राहतो. जोंपर्यंत हवा आर्द्रतेनें संपृक्त झालेली नसते, तोंपर्यंत ओल्या बोंडाचें उष्णमापक दुसऱ्या कोरड्या बोंडाच्या उष्णमापकाहून नेहमीं कमी उष्णमान दर्शवितें; आणि ज्याप्रमाणें हवा जास्त आर्द्रता धारण करूं शकते त्या मानानें दोहों उष्णमापकांमधील अंतर जास्त असतें.

ओल्या व कोरड्या बोंडांच्या उष्णमापकांच्या उष्णमानांमधील अंतरास एका विवक्षित गुणकानें गुणून तो गुणाकार हवेच्या उष्णमानांतून वजा केला ह्मणजे दंवाचें उष्णमान समजतें. हे गुणक प्रयोग करितेवेळीं हवेचें जें उष्णमान असेल त्यावर अवलंबून असतात. हे गुणक खालील कोष्टकांत दिले आहेत.

| कोरड्या बोंडाचें उष्णमान. फा० | गुणक. | कोरड्या बोंडाच्या उष्णमापकाचें उष्णमान. फा० | गुणक. |
|---|---|---|---|
| २४° फा० खालीं | ८·५ | ३४ ते ३५ | २·६ |
| २४ ते २५ | ७·३ | ३५ ,, ४० | २·५ |
| २५ ,, २६ | ६·४ | ४० ,, ४५ | २·३ |
| २६ ,, २७ | ६·१ | ४५ ,, ५० | २·१ |
| २७ ,, २८ | ५·९ | ५० ,, ५५ | २·० |
| २८ ,, २९ | ५·७ | ५५ ,, ६० | १·८ |
| २९ ,, ३० | ५·० | ६० ,, ६५ | १·८ |
| ३० ,, ३१ | ४·६ | ६५ ,, ७० | १·७ |
| ३१ ,, ३२ | ३·६ | ७० ,, ७५ | १·५ |
| ३२ ,, ३३ | ३·१ | ७५ ,, ८० | १·३ |
| ३३ ,, ३४ | २·८ | ८० ,, ८५ | १·० |

या गुणकांस **ग्लेशियरचे गुणक** असें ह्मणतात, व हे फारेनहीट उष्णमानाचे आहेत. उदाहरणः—जर ओल्या बोंडाच्या उष्णमापकाचें उष्णमान ४९° **फा** असेल, आणि कोरड्या बोंडाच्या उष्णमापकाचें उष्णमान ५४° **फा** असेल, तर या दोहोंमधील अंतर ५ यास ५४° **फा** उष्णमानाच्या २ या गुणकानें गुणिलें असतां १० गुणाकार येतो; तो ५४ यांतून वजा केला ह्मणजे ४४ राहतात; ह्मणून ४४° **फा** हा दंवाचा बिंदु झाला. ह्मणजे या उष्णमानावर हवेंत असलेली वाफ तिला संपृक्त करण्यास बस होईल.

---

## प्रकरण १२.

## उष्णतेवर अवलंबून असणाऱ्या वायुचक्रशास्त्रांतील क्रिया.

**८४. वायुचक्रशास्त्रः**—हवेचें उष्णमान बदलणें, निरनिराळ्या दिशेनें वारा वाहणें, पर्जन्य पडणें, वादळ होणें, वीज चमकणें व पडणें, इत्यादि

जे अनेक तऱ्हेचे व्यापार हवेमध्यें चालतात, यांविषयींचें विवरण सृष्टिशास्त्राच्या ज्या शाखेंत करितात तिला **वायुचक्रशास्त्र** ह्मणतात. जरी हें शास्त्र आलीकडेच वेगळें काढण्यांत आलें आहे, तरी ह्या शास्त्रांत सृष्टिशास्त्रांतील अत्यंत महत्वाच्या व्यवहारोपयोगी गोष्टींचा समावेश होतो; आणि जलपर्यटनाच्या कामास, शेतीच्या कामास, आणि निरोगी राहण्याच्या व रोग निवारण्याच्या कामास अत्यंत उपयुक्त अशी माहिती या शास्त्रापासून मिळते.

**८५. सरासरी उष्णमानः**—दर तासास काय काय उष्णमान असतें, तें टिपून घेऊन २४ तासांच्या उष्णमानांची बेरीज केली, व तीस २४ यांनीं भागिलें, ह्मणजे दिवसाचें सरासरी उष्णमान निघतें. दिवसाचें अतिउच्च ह्मणजे महत्तम उष्णमान आणि रात्रीचें अतिनीच ह्मणजे लघुत्तम उष्णमान महत्तम व लघुत्तम उष्णमापकांवरून काढून त्या दोहोंचें मध्यम प्रमाण घेतलें तर या सरासरी उष्णमानाच्या फार जवळ असतें. मात्र महत्तम व लघुत्तम उष्णमापकें जमिनीपासून उंच जागीं आणि ज्या पदार्थांपासून विसर्जनानें उष्णता येऊन फरक पडेल, अशा पदार्थांपासून दूर आणि सूर्याचे किरण न पडतील अशा जागीं ठेविलीं पाहिजेत. दिवसाचें अतिनीच ह्मणजे लघुत्तम उष्णमान पहांटेस ४ वाजतां असतें व अतिउच्च ह्मणजे महत्तम उष्णमान दोनप्रहरीं २ वाजतां असतें.

तीस दिवसांच्या उष्णमानांची सरासरी घेतली ह्मणजे महिन्याचें सरासरी उष्णमान निघतें; आणि १२ महिन्यांची सरासरी घेतली ह्मणजे वर्षाचें सरासरी उष्णमान निघतें. या देशांत साधारणतः अतिउच्च उष्णमान मे महिन्यांत, आणि अतिनीच उष्णमान जानेवारी महिन्यांत असतें. विवक्षित स्थळांच्या अनेक वर्षांच्या उष्णमानांची सरासरी घेतली, ह्मणजे त्या स्थळांचें सरासरी उष्णमान निघतें. लंडनचें सरासरी उष्णमान १०·३५° **श** किंवा ५०·६३° **फा** असतें. कोल्हापूरचें ७६° **फा** असतें; पुण्याचे ७६·८° **फा** असतें. मुंबईचें ८०° **फा** असतें. नेहमीं हवेचें उष्णमान घेतात, आणि जमिनीचें घेत नाहींत.

**८६. हवेच्या उष्णमानांत फेरफार करणारीं कारणेंः**— हवेच्या उष्णमानांत ज्या मुख्य कारणांनीं फेरफार होतो, तीं चार आहेतः— (१) अक्षांश, ह्मणजे विषुववृत्तापासून स्थळाचें अंतर; (२) स्थळाची

उंची, ह्मणजे समुद्राच्या सपाटीपासून स्थळाची उंची; (३) वाऱ्याच्या दिशा; (४) समुद्राचें सान्निध्य.

(१) **अक्षांशांपासून फेरफारः**—हवेचें व त्याखालील जमिनीचें उष्णमान विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे कमी कमी होत जातें. याचें कारण असें आहे कीं, उष्ण कटिबंधांत कर्कवृत्तापासून मकरवृत्ताकडे आणि तेथून परत कर्कवृत्ताकडे सूर्य फिरत असतो. ह्मणून उष्ण कटिबंधांत त्याचे किरण जास्त लंब पडतात आणि जसें या वृत्तांच्या उत्तरेस किंवा दक्षिणेस ध्रुवांकडे जावें तसतसे अधिकाधिक तिर्कस किंवा कलते असतात. पदार्थांवर उष्णतेचे किरण पडण्याच्या दिशेचा कोन जसजसा अधिकाधिक लघु असेल, त्या मानानें पदार्थ कमीकमी उष्ण होतात. ह्मणून जी उष्णता शोषण होते, तिचें मान विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे कमी कमी होत जातें. कारण ध्रुवांकडील किरण अधिकाधिक तिर्कस असतात. तसेच क्षितिजावर जास्त वेळ सूर्य असला ह्मणजे जास्त किरण पडतात. याकरितां उन्हाळ्यासारख्या दिवसांत जेव्हां दिवस मोठे असतात, तेव्हां जरी आपण जास्त उत्तरेकडे गेलों, तरी सूर्य-किरणांच्या जास्त तिर्यक्पणामुळें जी उष्णता कमी शोषिली जाते, ती अंशतः क्षितिजावर जास्त वेळ सूर्य असल्यामुळें भरून येते. विषुववृत्तावर दिवसाची लांबी सर्वऋतूंत सारखी असते. ह्मणून तेथील उष्णमान सर्वकाळ बहुतेक सारखें राहतें. याच्या उत्तरेस किंवा दक्षिणेस पृथ्वीच्या कलत्या आंसामुळें दिवस लहान मोठे असतात. लंडन, सेंटपिटर्सबर्ग, वगैरे उत्तरेकडच्या ठिकाणीं तर दिवस फारच लहान मोठे होतात, ह्मणून उष्णमानही फार बदलतें; उन्हाळ्यांत कधीं कधीं तें विषुववृत्तावरील उष्णमानाइतकें वाढतें. केवळ अक्षांश वाढल्यामुळेंच जें उष्णमान कमी होतें, तें फार थोडें असतें. उदाहरणार्थ—लंडनच्या उत्तरेस ११५ मैल गेलें तर तेथील सरासरी उष्णमान १° **श** कमी असतें. त्याचप्रमाणें ह्मैसुराहून उत्तरेस इंदूर किंवा आग्र्यास शेंकडों मैल अंतरावर गेलें, तरी तेथील सरासरी उष्णमान फार कमी नसतें. उष्णमान कमी होण्यास दुसरींच कारणें लागतात. तीं पुढें लिहिलीं आहेत.

(२) **उंचीमुळें उष्णमानांत फेरफारः**—समुद्रसपाटीवर जी स्थळाची उंची असते, तिच्या योगानें अक्षांशापेक्षां स्थळाच्या उष्णमानांत जास्त

तशी तेथील हवा विरल असते आणि विरल हवेस उष्ण होण्यास खालच्या दाट हवेपेक्षां जास्त उष्णता लागते, ह्मणून ती कमी उष्ण राहते. याची प्रचीति विमानांतून वर चढतांना स्पष्टपणें अनुभवास येते; आणि उष्णकटिबंधांत सुद्धां फार उंच पर्वतांचीं शिखरें सतत हिमानें आच्छादलेलीं असतात. ज्या उंचीवर उभ्या वर्षांत हिम किंवा बर्फ न वितळतां तसेंच राहतें त्या उंचीस **हिमरेषा** किंवा **सतत हिमाची सीमा** असें ह्मणतात; व ही उंची भिन्न भिन्न स्थळीं भिन्न भिन्न असते. उष्णकटिबंधांत हिची उंची फार असते आणि ध्रुवाकडे कमी होत जाते. हिमालयपर्वताच्या उत्तरेकडील उतरणीवर २०,००० फूट व दक्षिणेकडील उतरणीवर १६००० फूट उंचीवर ही सीमा आहे. अंडीज पर्वतावर ही सीमा १४,७६० फूट उंचीवर आहे. आल्प्सपर्वतावर ८,८८० फूट उंचीवर आहे. आलताईपर्वतावर ७०००, आणि नार्वेमध्यें ४००० फूट उंचीवर आणि ऐस्लंड बेटांत अवघ्या ३०७० फूट उंचीवर सतत हिम असतें; आणि ध्रुवावर जमिनीच्या पृष्ठभागीं सतत हिम असतें.

यावरून उष्णमान दोन दिशांनीं कमी होत जातें:—( १ ) विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे; आणि ( २ ) समुद्रसपाटीपासून उच्च प्रदेशाकडे. हिमालयासारख्या एकाद्या उंच पर्वतावर चढूं लागलें, ह्मणजे उंच चढत जावें त्याप्रमाणें विषुववृत्तापासून ध्रुवांपर्यंत ज्या निरनिराळ्या हवा, आणि जे निरनिराळे प्राणी व वृक्ष आढळतात त्या सर्वांचा अनुभव येतो. पायथ्याशीं कडक उष्णता असली, तर सिमल्यासारख्या उंच शिखरावर फार थंडी असते; आणि हिमरेषेपासून खालीं वाहत आलेले हिमप्रवाह ( Glaciers ) आढळतात.

( ३ ) **वाऱ्याची दिशाः**—ज्या प्रदेशावरून वारा वहात येतो, त्या प्रदेशाचें उष्णमान वाऱ्याच्या अंगीं येतें; ह्मणून कोणत्याही स्थळीं ज्या दिशेनें वारा येत असेल, त्याप्रमाणें तेथच्या हवेच्या उष्णमानांत बराच फेरफार होतो. विलायतेंत दक्षिणेकडून येणारा वारा अतिउष्ण असतो. नंतर आग्नेय दिशेनें, पुढें नैर्ऋत्य दिशेनें, नंतर पश्चिम व पूर्वदिशेनें, पुढें वायव्य व उत्तरदिशेनें

आढळतो. सूर्य जसा उत्तर किंवा दक्षिण गोलार्धात असेल, त्याप्रमाणें मुख्यत्वें वाऱ्याची दिशा असते. हिंदुस्थानांत उत्तर व ईशान्यदिशेकडून येणारा वारा थंड असतो व दक्षिण व नैर्ऋत्य दिशेकडून येणारा वारा उष्ण असतो. पुढें वाऱ्याविषयीं जें विशेष वर्णन केलें आहे, त्यावरून वाऱ्यास कशी दिशा मिळते, व बदलते हें समजेल; व तेणेंकरून वाऱ्याच्या दिशेप्रमाणें हवेच्या उष्णमानांत होणारे फेरफारही दिसून येतील.

(४) **समुद्राचें सान्निध्यः**—समुद्राच्या सान्निध्यानें हवेचें उष्णमान सर्व ऋतूंत बरेंच सारखें राहतें; कारण हिंवाळ्यांत समुद्रानें हवा उष्ण होते, व उन्हाळ्यांत शीत होते. विषुववृत्तावरील व ध्रुवांकडील प्रदेशांत समुद्राचें उष्णमान हवेच्या उष्णमानाहून नेहमीं भिन्न असतें. उष्णमानाच्या समतेच्या संबंधानें असें आढळलें आहे कीं, समशीतोष्ण कटिबंधांत ह्मणजे २५ पासून ५० अक्षांशांमधील प्रदेशांत समुद्रावर दिवसाच्या महत्तम व लघुत्तम उष्णमानांत २° **श** किंवा ३° **श** याहून जास्त अंतर नसतें. परंतु तेथेंच जमिनीवर हें अंतर १२° **श** पासून १५° **श** पर्यंत पडतें. बेटांमध्यें कडक उन्हाळ्यांत सुद्धां ही उष्णतेची समता स्पष्टपणें अनुभवास येते. परंतु समुद्रापासून दूरच्या भूमिमय प्रदेशांत त्याच अक्षांशांवर हिंवाळा फार कडक असतो; आणि उन्हाळा व हिंवाळा यांच्या उष्णमानांमधील अंतरही फार होतें.

**८७. आखातप्रवाहः**—वाऱ्याप्रमाणें गरम पाण्याच्या प्रवाहांनींही हवेच्या उष्णमानांत फरक पडतो. यूरोपखंडाच्या वायव्यभागीं हवा फार उष्ण किंवा थंड न होतां बेताची राहते. याचें कारण **आखात प्रवाह** असावें असें समजतात. या पाण्याच्या मोठ्या प्रवाहाची विषुववृत्ताच्या उष्ण प्रदेशांत उत्पत्ति होऊन मेक्सिकोच्या आखातांतून तो प्रवाह वाहत जातो, व त्यावरून यास **आखात-प्रवाह** (Gulf Stream) हें नांव पडलें आहे. हा प्रवाह उत्तर अमेरिकेच्या दक्षिण किनाऱ्यावरून उत्तरेकडे वहात जाऊन वायव्य दिशेनें अटलांटिक महासागरांतून वहात जातो; आणि अखेरीस आयर्लंड बेटाच्या व युरोपच्या वायव्य

भागाच्या किनाऱ्यावरून उत्तरेकडे सरतो. सुमारें ७८ दिवसांत याचें गमन ३००० मैलांतून होतें. मेक्सिकोच्या आखातांत या प्रवाहाचें उष्णमान सुमारें २८° **श** (८२. ४ **फा.**) असतें; आणि खालच्या ज्या पाण्यावर नीच विशिष्टगुरुत्वामुळें हा प्रवाह वाहतो, त्याच्या उष्णमानाहून वरच्या प्रवाहाच्या पाण्याचें उष्णमान ५° **श** जास्त असतें. या प्रवाहामुळेंच युरोपच्या पश्चिम भागाची हवा त्या समोरच्या अमेरिकेच्या किनाऱ्यापेक्षां जास्त सात्विक किंवा सौम्य असते. **रोमशहर** ज्या अक्षांशावर आहे, त्याच अक्षांशावर उत्तर अमेरिकेंत **हडसन** नदी आहे; परंतु तिचें पाणी वर्षांतून तीन महिने थिजलेलें असतें. या प्रवाहानें युरोपचा किनारा ध्रुवांकडील प्रदेशापासून एका समुद्राच्या जलमय पट्टीनें वेगळा झालेला आहे; आणि याच कारणामुळें युरोपच्या उत्तरकिनाऱ्यावरील **हामरफेस्ट** हें बंदर सर्व वर्षभर जहाजें येण्याजाण्याजोगें असतें. याप्रमाणें हवेस सौम्यता आणण्याचा जो या प्रवाहाचा उपयोग होतो, त्याशिवाय आणखी या आखातप्रवाहाचा जलपर्यटन करणाऱ्यांसही फार महत्वाचा उपयोग होतो. असें गणित करण्यांत आलें आहे कीं, अमेरिकेच्या उष्णकटिबंधांतील प्रदेशांतून जी उष्णता पूर्वेकडे या आखातप्रवाहानें नेली जाते, ती उष्णता मिसिसिपीनदीच्या आकारमानाएवढ्या लोखंडास एकसारखें वितळलेलें ठेवण्यास वस होईल.

**८८. उष्णमानदर्शक रेषाः**—ज्या स्थळांचें उष्णमान सारखें असतें अशीं सर्व स्थळें सांधिलीं असतां ज्या वांकड्या रेषा उत्पन्न होतात, व याप्रमाणें स्थळें सांधून **हंबोल्ट** या जगविख्यात प्रवाश्यानें प्रथमतः ज्या रेषा काढिल्या, त्या रेषांस **समानउष्णमानदर्शक रेषा** असें नांव त्यानें दिलें. सूर्यकिरणांच्या तिर्यकतेप्रमाणें ह्मणजे अक्षांशाप्रमाणेंच फक्त स्थळांचें उष्णमान बदललें असतें, तर या सर्व समोष्णमान दर्शकरेषा विषुववृत्ताशीं समांतर असत्या; परंतु दुसऱ्या पुष्कळ स्थानिक कारणांनीं उष्णमान बदलतें, व त्यांत मुख्यत्वें समुद्रसपाटीवरील स्थळाच्या उंचीमुळें व जमीन आणि पाणी यांच्या सान्निध्यामुळें व समुदायामुळें जास्त उष्णमान बदलतें; ह्मणून या समोष्णमान दर्शकरेषा जास्तकमी वक्र असतात. तथापि समुद्रावर या बहुतेक समांतर असतात. या रेषा तीन प्रकारच्या असतात. वर्षांचें सरासरी उष्णमान घेऊन काढलेल्या रेषा वार्षिक

**समोष्णमानदर्शकरेषा** होत; आणि फक्त उन्हाळ्याचें ह्मणजे ज्या वेळीं सूर्य स्थळावर असतो, त्या वेळचेंच सरासरी उष्णमान घेऊन ज्या रेषा काढलेल्या असतात, त्या **ग्रीष्मसमोष्णमानदर्शक रेषा** होत; आणि हिंवाळ्याचें ह्मणजे ज्या वेळीं सूर्य दुसऱ्या गोलार्धांत असतो, त्या वेळचें सरासरी उष्णमान घेऊन ज्या रेषा काढलेल्या असतात त्या **हेमंतसमोष्णमानदर्शक रेषा** होत. अशा रेषा काढून नकाशे तयार केलले असतात. दोन समोष्णमानदर्शकरेषांमधील प्रदेशास **समोष्णकटिबंध** ह्मणतात. जेथें जमिनीचें सरासरी उष्णमान सारखें असतें अशा स्थळांमधून **कपूफर** यानें रेषा काढिल्या आहेत; व त्यांस **भूमिसमोष्णमानदर्शकरेषा** असें नांव दिलें आहे.

**८९. हवा**—गरमी, थंडी, उन्हाळा, हिंवाळा, पावसाळा वगैरे सर्व मिळून जी स्थिति त्या स्थितीस विवक्षित स्थळाची हवा ह्मणतात. ही हवा त्या स्थळाचें वार्षिक सरासरी उष्णमान, उन्हाळ्यांतील व हिंवाळ्यांतील उष्णमान, व या दोहोंमधील अंतर, यांवर अवलंबून असते. कित्येक ग्रंथकार वार्षिक सरासरी उष्णमानावरून हवेचे सात वर्ग करितात. ३०° **श** पासून २५° **श** पर्यंत उष्णमान असलें, ह्मणजे त्या हवेस उष्ण हवा ह्मणतात; २५° **श** पासून २०° **श** पर्यंत उष्णमान असलें ह्मणजे त्या हवेस गरम हवा ह्मणतात; २०° **श** पासून १५° **श** पर्यंत सौम्य हवा; १५° **श** पासून १०° **श** पर्यंत समशीतोष्ण हवा; १०° **श** पासून ५° **श** पर्यंत थंड हवा; ५° **श** पासून ०° **श** पर्यंत अति थंड हवा; आणि जेथें ०° **श** पेक्षां कमी उष्णमान असतें त्या हवेस **ध्रुवाकड**ची हवा ह्मणतात.

याशिवाय आणखी **स्थिर, अस्थिर,** आणि **कडक** असेही हवेचे वर्ग करितात. ज्या ठिकाणच्या उन्हाळ्याच्या व हिंवाळ्याच्या उष्णमानांतील अंतर ६° **श** किंवा ८° **श** याहून जास्त नसतें, त्या हवेस **स्थिर हवा** असें ह्मणतात. **ह्याव्हाना** व **कीटो** या दोन ठिकाणीं असली हवा असते. **कानेरी** बेटांत उन्हाळ्याचें सरासरी उष्णमान २३°·४ **श** आणि हिंवाळ्याचें १८° **श** असतें. ह्मणून या दोहोंमधील अंतर ६ अंशांहून कमी आहे. ह्मणून येथच्या हवेस स्थिर हवा ह्मणतात. **पारिस** आणि **लंडन** या दोन ठिकाणीं उन्हाळा व हिंवाळा यांच्या उष्णमानांमधील अंतर १६° **श** पासून २०° **श** असतें,

ह्मणून तेथील हवेस अस्थिर हवा असें ह्मणतात. जेथें हें अंतर याहून जास्त असतें तेथच्या हवेस **कडक हवा** ह्मणतात. बेटांतील हवा साधारणत: फार थोडी बदलते. कारण समुद्राचें उष्णमान फार स्थिर असतें; आणि याच कारणास्तव जमिनीवरच्या व समुद्रावरच्या हवेंत फार अंतर असतें. जमिनी-वरचीं हवा फार उष्ण व फार थंड होते. उदाहरणार्थ उन्हाळा व हिंवाळा यांमधील अंतर **चेरबोर्ग** येथें ११° **श**; **पारिस** येथें १५° **श**; आणि चोहों बाजूंनीं जमीन असलेल्या **व्हायना** शहरीं २०° **श** असतें. तथापि हीं तिन्ही स्थळें एकाच अक्षांशावर आहेत. आयर्लंडच्या ईशान्येस हिंवाळ्यांत पाणी क्वचितच गोठतें आणि पोर्तुगालदेशांत जीं झाडें वाढतात, तसलीं झाडेंही वाढतात. तथापि हा भाग **प्रशिया** देशांतील **कानिक्सबर्ग** ज्या अक्षवृत्तावर आहे, त्याच वृत्तावर आहे. कानिक्सबर्ग हें जमिनीनें वेष्टित असल्यामुळें तेथील वार्षिक सरासरी उष्णमान ५° **श** असतें; आणि हिंवाळ्यांत—३°.५ **श** इतकें उष्णमान उतरतें, व हें उष्णमान सर्व जानेवारी महिनाभर सरासरीनें असतें. परंतु जुलई महिन्यांत १३°.६ **श** इतकें चढतें. **प्लायमथ** येथें हिंवाळा **फ्लारेन्स**पेक्षां जास्त कडक नसतो; परंतु तेथें उघड्या हवेंत द्राक्षें वाढत नाहींत. कारण जरी कडक हिंवाळा द्राक्षांस सोसतो, तरी त्यांस पिकण्यास उन्हाळ्याची उष्ण हवा लागते. **सैबीरिया** देशांतील **ईर्कटस्क** या गांवीं जरी जमीन सुद्धां ३ फूट खोल नेहेमीं थिजलेली असते, ह्मणजे तिचें उष्णमान ०° **श** पेक्षां कमी असतें; तरी तेथील अल्पकाळ राहणारा कडक उन्हाळा ओट व राई हीं धान्यें पिकविण्यास बस होतो. परंतु **ऐस्लंड** बेटांत जरी वार्षिक सरासरी उष्णमान याहून फार जास्त असतें, व हिंवाळ्यांतील थंडी फार कडक नसते, तथापि तेथें कोणतींही कडदणें पिकत नाहींत. कारण तेथील उन्हाळ्यांतील नीच उष्णमान तीं पिकण्यास बस होत नाहीं.

याचें कारण असें आहे कीं, जमीन उष्णतेस जलद शोषण करिते व सहज विसर्जितही करिते. ह्मणून ती समुद्रापेक्षां जलद उष्ण होते, व जलद थंड होते. पाण्याची विशिष्ट उष्णता फार उच्च असल्यामुळें समुद्र इतका जलद उष्ण होत नाहीं, व एकदां उष्ण झाल्यावर इतकी जलद उष्णताही टाकीत नाहीं. याशिवाय जे उष्णतेचे किरण पाण्यावर पडतात, त्यांपैकीं कांहीं पृष्ठभागीं पाण्याची वाफ करण्याकडे खर्च होतात.

परंतु विवक्षित स्थळाची हवा केवळ तेथल्या उष्णमानावरच अवलंबून असते असें नाहीं. समुद्राच्या सन्निध हवेमध्यें जी पाण्याची वाफ असते, व किनाऱ्याजवळ जे पुष्कळ वेळां ढग बनतात, त्यांच्या योगानेंही हवेचें स्वरूप बदलतें. या दोहोंच्या योगानें दिवसास सूर्याचा कडकपणा कमी होतो; आणि रात्रौ विसर्जनानें जमीन थंड होण्याचें मानही कमी असतें. याशिवाय पर्जन्य जास्तकमी व वारंवार पडेल, वादळें सुटतील, वाऱ्याची दिशा व जोर हे जसे असतील, व जमिनीचें जसें स्वरूप असेल, त्यावरूनही विवक्षित स्थळांची हवा पालटते.

## धुकें, पर्जन्य, आणि दहिंवर.

**९०. धुकें आणि धुमें:**—कढत्या पाण्याच्या भांड्यांतून जी पाण्याची वाफ निघते, ती वरच्या थंड हवेंत पसरली ह्मणजे थिजते, आणि भांड्याच्या तोंडावर एक प्रकारचा पांढरा ढग दिसूं लागतो. हा ढग हवेमध्यें लोंबत असलेल्या पाण्याच्या अतिसूक्ष्म व पोकळ कणांचा बनलेला असतो. या ढगास साधारणतः वाफ ह्मणतात; परंतु सृष्टिशास्त्रदृष्ट्या ती वाफ नसते. वाफ अंशतः थिजून झालेल्या पाण्याच्या कणांचा तो ढग वास्तविक बनलेला असतो.

जेव्हां थंड व घन अशा पदार्थांच्या सान्निध्यानें पाण्याची वाफ न थिजतां वातावरणाच्या मोठ्या प्रदेशांत थिजते, तेव्हां धुकें किंवा धुमें पडतें. गरम पाण्याच्या भांड्यावर जो ढग दिसतो, त्यासारखेंच हें धुकें असतें.

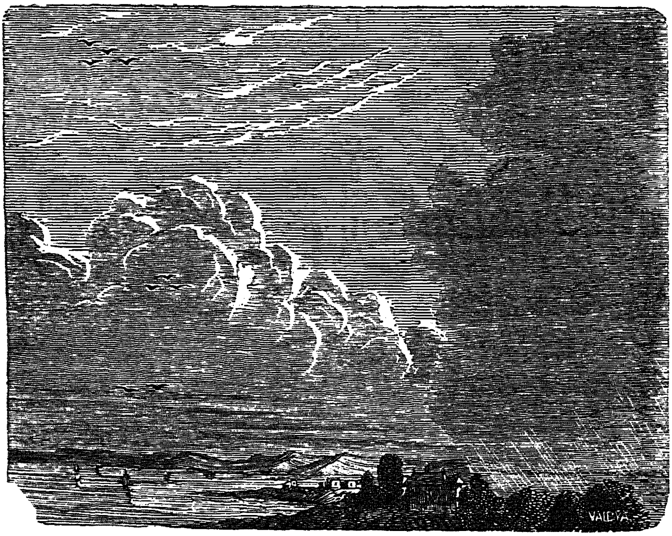
हवेपेक्षां ओलसर जमिनीचें उष्णमान उच्च असतें, ह्मणूनच मुख्यत्वें धुकें पडतें. असें धुकें पावसाळ्यांत पुष्कळ वेळां दिसतें. जमिनींतून जी वाफ निघते ती थिजून दृश्य होते. तथापि वाफ थिजण्यापूर्वी वाफेनें हवा संपृक्त झालेली असावी लागते. गरम आणि आर्द्र अशा हवेचा प्रवाह याहून नीच उष्णमानावर असलेल्या जमिनीवरून किंवा पाण्यावरून जातो, तेव्हांही धुकें उत्पन्न होतें. कारण या वेळीं हवा थंड होतांच संपृक्त होते, व त्याहून थंड होतांच कांहीं वाफ थिजते. या रीतीनें हिंवाळ्यांत नेहमीं धुकें पडतें.

**एटकिन** यानें असें सिद्ध केलें आहे कीं, कांहीं द्रवरूपी किंवा घनरूपी कण हवेंत असल्याशिवाय पाण्याची वाफ कधीं थिजत नाहीं. हवेंत धुरळ्याचे जे सूक्ष्म कण असतात, तेच ढग आणि धुकें बनण्यास आधारभूत होतात. धुर-

ळ्याचे कण घालवून शोधलेल्या हवेंत पाण्याची वाफ सोडून त्यानें हें सिद्ध केलें आहे. शोधलेल्या हवेंत वाफ अगदीं स्वच्छ राहते; परंतु त्याच ठिकाणीं विन शोधलेल्या हवेंत वाफ तत्काळ थिजते. ढग लहान, मोठा, व दाट होतो, याचें कारण हवेंतील धुरळ्याचे असंख्य कण होत. खनिजकोळसे व दुसरें सर्पण यांच्या ज्वलनापासून हे कण पुष्कळ उत्पन्न होतात. खनिज कोळशांमध्यें जो गंधक असतो, तो जळून सल्फ्यूरस आसिड बनतें; व हें आसिड जरी वायुरूप असतें, तरी वाफ थिजण्यास आधारभूत होतें.

**९१. ढग** किंवा **मेघः**—पाण्याची वाफ थिजून जे अतिसूक्ष्म कण बनतात, त्यांच्या समुदायांचे धुक्यासारखे ढग बनलेले असतात. धुकें व ढग या दोहोंत भेद इतकाच असतो कीं, धुकें जमिनीच्या सन्निध असतें, व ढग किंवा मेघ वातावरणाच्या उच्च प्रदेशीं असतात. जमिनीपासून किंवा समुद्रापासून जी

आ० ७२.



पाण्याची वाफ निघते, ती थिजून नेहमीं मेघ बनतात. ह्मणूनच धुकें व ढग या दोहोंमध्यें कांहीं विशेष प्रकारचा फरक नसतो. उच्च प्रदेशीं असलेल्या धुक्यास ढग असें ह्मणतात; आणि नीच प्रदेशीं असलेल्या ढगांस धुकें ह्मणतात. मेघांच्या दृश्य स्वरूपावरून **हावर्ड** यानें त्यांचे चार वर्ग केले आहेत:–(१) **वृष्टिमेघ**, (२) **वितानमेघ**, (३) **कुंजमेघ**, आणि (४) **कुंतलमेघ.** हे चार जातींचे मेघ आकृति ७२ मध्यें एक, दोन, तीन व चार अशा उडत्या पक्ष्यांनीं अनुक्रमें दर्शविलेले आहेत.

**कुंतलमेघ** हे लहान व पांढुरक्या ढगांचे बनलेले असतात, व त्यांची रचना दिसण्यांत कांहींशी बारीक तंतुमय किंवा केशमय असते. सर्व मेघांत हे अति उंच असतात. उंच पर्वतांच्या शिखरांवर ज्याप्रमाणें हे दिसतात, त्याचप्रमाणें खोल दऱ्यांमध्येंही दिसतात. यांची उंची सुमारें ७,५०० यार्ड असते. ज्या प्रदेशीं हे मेघ असतात, तेथील नीच उष्णमानामुळें हे मेघ बहुतकरून थिजलेल्या कणांचे बनलेले असावे, असा संभव दिसतो. ह्मणूनच बर्फाच्या स्फटिकापासून वक्रीभवन व परावर्तन झाल्यामुळें जे देखावे दिसतात, तेच देखावे या ढगांतून व विशेषेंकरून या ढगांपासून निघालेल्या कुंतलवितान मेघांतून दिसतात. हे देखावे दिसले ह्मणजे बहुधा हवेंत फरक पडतो.

**कुंजमेघः**—हे गोल आकाराचे असून पर्वत एकावर एक रचल्यासारखे दिसतात. हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत हे मेघ फार उत्पन्न होतात. हे मेघ सकाळीं जमतात व बहुधा संध्याकाळीं अदृश्य होतात. परंतु जर या ढगांची संख्या फार वाढली, व यांवर कुंतलमेघ असले तर पाऊस पडेल किंवा वादळ होईल असें समजावें. हे मेघ १५१६ पासून १७३० यार्ड उंचीवर असतात.

**वितान मेघ** क्षितिजाशीं समांतर असे एकसारखे पसरलेल्या चादरीसारखे दिसतात. हे मुख्यत्वें दिवस मावळल्यावर जमतात; आणि दिवस उगवतांना अदृश्य होतात. हे ढग पावसाळ्यांत वरचेवर बनतात; आणि वसंतऋतूंत क्वचित् आढळतात. वरच्या दोन्हीं प्रकारच्या मेघांपेक्षां हे कमी उंचीवर असतात. यांची उंची सरासरी ६८० यार्ड असते. हवा उत्तम असते, तेव्हां बहुतकरून हे वितानमेघ बनतात.

**वृष्टिमेघ** हे पूर्वींच्या तिन्ही जातींच्या मेघांच्या संयोगानें बनतात. यांस

कोणताही विशेष आकार नसून हे दिसण्यांत मात्र काळसर पांढऱ्या रंगाचे असतात, व यांच्या कडा झालरीसारख्या दिसतात. हे ढग आकृतींत उजव्या बाजूस दाखविले आहेत. यांची उंची सुमारें १२०० यार्डपासून २४०० यार्डपर्यंत असते.

हे मुख्य चार प्रकारचे ढग नानातऱ्हेनें एकमेकांत मिसळून संयुक्तमेघ बनतात. **हावर्ड** यानें असल्या मेघांचे मुख्य ३ वर्ग कल्पिले आहेत:–(१) **कुंतलकुंजमेघ,** (२) **कुंतलवितानमेघ,** आणि (३) **कुंजवितानमेघ.** परंतु केवळ ढग पाहून या तिन्हींपैकीं ते कोणत्या जातीचे आहेत हें सहज सांगतां येत नाहीं. लहानलहान गोल ढग जास्तकमी अनियमित रीतीनें एकमेकांस जोडले जाऊन कुंतलकुंजमेघ बनलेले असतात. हे उन्हाळ्यांत फार बनतात; आणि गरम व शुष्क हवा पडली ह्मणजे तिजबरोबर हटकून येतात. कुंतलमेघांचे तंतु खालीं क्षितिजपातळीशीं समांतर असे बसले, व ते बाजूनें एकमेकांजवळ आले, ह्मणजे त्यांचे कुंतलवितानमेघ बनतात. या मेघांस दूर अंतरावरून पाहिलें ह्मणजे त्यांचा आकार व त्यांचीं परस्पर स्थानें यांवरून माशांच्या थव्यांची कल्पना होते. कुंजवितानमेघांचा कल पसरून वृष्टिमेघांमध्यें रूपांतर पावण्याचा व अखेरीस पर्जन्यरूपानें पडण्याचा असतो.

ढगांची उंची भिन्नभिन्न असते. हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत मेघ फार उंचीवर असतात. **गेलूझाक** यानें विमानांतून जेव्हां उड्डाण केलें, तेव्हां ७६५० यार्ड उंचीवर त्यास आपणावर कुंतलमेघ दिसले; व ते त्या वेळीं विमानापासून बऱ्याच उंचीवर होते. **इथिओपिया**मध्यें जमिनीपासून अवघ्या २३० यार्ड उंचीवर वृष्टिमेघ पाहण्यांत आले आहेत.

वातावरणांत मेघ कसे तरंगत राहतात, याचें कारण सांगण्यासाठीं **हॉले** यानें अशी कल्पना केली आहे. ह्मणजे तो असें मानतो कीं, साबणाच्या बुडबुड्यासारख्या सभोंवतालच्या हवेपेक्षां उष्ण हवेनें भरलेल्या पोकळ असंख्य गोलकांचे मेघ बनलेले असतात. यामुळें हे गोलक लहान विमानासारखे हवेंत तरंगतात. ही कल्पना प्रस्तुत पुष्कळांस मान्य होत नाहीं. त्यांची दुसरी कल्पना अशी आहे कीं, मेघ व धुकें अत्यंत सूक्ष्म अशा पाण्याच्या कणांचे बनलेले असून हलकी पूड जशी वाऱ्यानें वर चढते, त्याप्रमाणें उष्ण हवेच्या प्रवा-

हांच्या जोरानें हे हवेंत राहिलेले असतात. साधारणत: ढग खालीं उतरतांना दिसत नाहींत, परंतु ही केवळ देखतभूल आहे. वास्तविक ह्मटलें ह्मणजे ढग नेहमीं हळू हळू खालीं उतरत असतात. परंतु त्यांचा खालचा भाग खालच्या अधिक उष्ण हवेच्या सान्निध्यानें एकसारखा अदृश्य होत असतो. तसेंच नवी वाफ थिजून वरच्या भागांत भर पडत असते. या दोन कारणांनीं मेघ होते त्याच उंचीवर आहेत असें दिसतें. मेघ ही कांहीं स्थिर आणि न बदलणारी वस्तु नसते. उत्पत्ति आणि लय हेंच मेघाच्या अस्तित्वाचें मुख्य स्वरूप आहे. मेघ हा उत्पन्न झालेला पदार्थ नसून उत्पन्न होणारा पदार्थ आहे.

**९२. मेघांची उत्पत्तिः**—मेघांची उत्पत्ति अनेक कारणांनीं होतेः—

**(१) वातावरणाच्या उच्च प्रदेशाचें नीच उष्णमान** हें एक मेघांच्या उत्पत्तीचें मुख्य कारण आहे. सौरविसर्जनामुळें ह्मणजे सूर्याच्या उष्णतेनें पाण्यापासून व जमिनीपासून जी वाफ एकसारखी निघत असते, ती लघुदार्व्यामुळें व स्थितिस्थापक जोरामुळें वातावरणांत चढते. तेथें हवेच्या अधिकाधिक थंड अशा थरांजवळ जातांच तिचें उष्णमान उतरत जाऊन ती संपृक्त होते आणि नंतर थिजून अत्यंत सूक्ष्म कण बनतात, व त्यांपासून ढग उत्पन्न होतात.

(२) दिवसास हवेचे उष्ण व आर्द्र प्रवाह वर चढतात. आणि एकसारखे कमी कमी दाब असलेल्या ठिकाणीं गेल्यानें प्रसृत होतात, व या प्रसरणामुळें शीतता उत्पन्न होऊन त्यानें वाफ थिजते. ह्मणूनच हवेचे असे चढणारे प्रवाह पर्वतांवर थडकून त्यांच्या बाजूनें शिखरांस पोंचतात, व तेथील थंडीनें थिजून पर्जन्य पडतो. उंच पर्वतावर पुष्कळ पर्जन्य पडतो याचें कारण हेंच आहे.

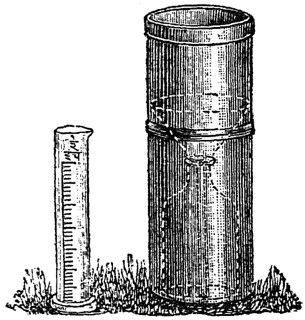
(३) गरम व आर्द्र असा हवेचा प्रवाह शीतप्रवाहांत मिसळल्यानें थंड होतो, व तेणेंकरून त्यांतील वाफ थिजते. याच रीतीनें दक्षिणेकडील व नैर्ऋत्येकडील उष्ण व आर्द्र वाऱ्याचे प्रवाह थंड हवेंत मिसळून तिला शीत करितात, व तिजमधील वाफ थिजते. परंतु उत्तरेकडील वाऱ्याचे प्रवाह त्यांच्या नीच उष्णमानामुळें फार शुष्क असतात; ह्मणून यांच्या मिश्रणानें हवा क्वचितच संपृक्त होते; ह्मणून बहुधा यांपासून पर्जन्य पडत नाहीं.

**९३. पर्जन्यः**—मेघांचे वाफरूपी घटकगोलक वरचेवर वाफ थिजल्यामुळें मोठे व जड होतात; आणि अखेरीस जेव्हां घटकगोलक एकत्र मिळतात,

तेव्हां त्यांचे थेंब बनून पर्जन्यरूपानें पडतात. फार उंच अशा प्रदेशीं पावसाचे थेंब फार लहान असतात, परंतु ते खालीं पडतांना मोठे होतात. कारण त्यांच्या नीच उष्णमानामुळें ते हवेच्या ज्या थरांतून खालीं पडत असतात, त्यांतील पाण्याची वाफ त्यांच्या पृष्ठभागावर थिजत असते. विवक्षित स्थळीं दरसाल किती पर्जन्य पडतो, हें पर्जन्यमापकानें मापितात.

अगदीं साध्या आकाराचें पर्जन्यमापक आकृति ७३ मध्यें दाखविलें आहे.

आ. ७३.



यांत विवक्षित क्षेत्राच्या तोंडाची एक गळती असते, व ती एका कुपीच्या तोंडांत बरोबर बसते. गळतीच्या तोंडाचें क्षेत्र बहुधा १२ चौरस इंचांचें असतें. परंतु हें जास्त किंवा कमी असलें तरी चालतें. या क्षेत्रावर जें पर्जन्याचें पाणी पडतें तें कुपींत जमतें आणि विवक्षित काळांत जें पावसाचें पाणी पडलें असेल, तें बाजूस दाखविलेल्या भाग पाडलेल्या कांचेच्या मापानें मापितात. याप्रमाणें २४ तासांत पडलेलें पावसाचें पाणी २·३ औंस भरलें, तर तें पाणी ४ घनइंच होतें. जर गळतीचें क्षेत्र १२ चौरसइंच असलें तर २४ तासांतील पाऊस १/३ इंच झाला. कारण हेंच पाणी १२ चौरस इंचांवर पसरलेलें राहिलें तर १/३ इंच उंचीचें होईल. गळतीपेक्षां उंच अशा धातूच्या पत्र्याच्या पंचपात्रांत गळतीसह कुपी ठेविलेली असते. येणेंकरून बाजूची माती वगैरे गळतींत जात नाहीं; आणि विलायतेसारख्या थंड देशांत हिम पडलें तर तेंही आंत राहतें.

'विवक्षित स्थळीं पर्जन्य पडण्यास तें स्थळ उष्ण असून त्यावर समुद्रावरून पाण्याच्या वाफेनें भारलेला वारा वाहत आला पाहिजे. ह्मणजे हवेबरोबर वाफही उष्ण होऊन वर जाते, व उच्च प्रदेशीं शीत होऊन पर्जन्यरूपानें खालीं पडते. लंका बेट चोहों बाजूंनीं समुद्रानें वेष्टित असून उष्ण प्रदेशांत असल्यामुळें तेथें वर्षांतून थोडेच महिने बिन पावसाचे जातात. इंग्लंड बेट जरी

समशीतोष्ण कटिबंधांत आहे तरी चोहों बाजूंनीं पाण्यानें वेष्टित असल्यामुळें तेथेंही बहुधा पंधरवडा पाऊस किंवा हिम पडल्याशिवाय सुनका जात नाहीं. हिंदुस्थानच्या दक्षिणेस, पश्चिमेस व पूर्वेस समुद्र असल्यामुळें जेव्हां थेट हिंदुस्थानावर एप्रिलपासून अकटोबरपर्यंत सूर्य असतो, तेव्हां स्वाभाविकत्व समुद्रावरून जमिनीकडे वारा वाहतो; व या वाऱ्याबरोबर पाऊस पडतो. हा वारा पश्चिम किनाऱ्यावर दक्षिण पश्चिम ह्मणजे नैर्ऋत्य दिशेनें वाहतो. परंतु बंगाल्यांत बंगालच्या उपसागरावरून दक्षिण पूर्व ह्मणजे आग्नेय दिशेनें वाहतो. यास्तव दक्षिण व मध्यहिंदुस्थानांत नैर्ऋत्यवारा पाऊस आणितो. परंतु उत्तरहिंदुस्थानांत आग्नेयवारा पाऊस आणितो. हिंदुस्थानच्या उत्तरेस प्रचंड हिमालय पर्वत असल्यानें आग्नेयवारा समोर न जातां वायव्येकडे वळून वायव्यप्रांत व पंजाब यांकडे जातो. ईशान्यवारा हिंदुस्थानावर बहुतेक जमिनीवरून येत असल्यानें त्याबरोबर पाऊस येत नाहीं. परंतु मद्रासेकडे तोच वारा बंगालच्या उपसागरावरून वाहत येत असल्यानें त्याबरोबर तिकडे कांहीं पाऊस पडतो. **सहारामैदान, अर्बस्थान, सीरिया** व **इराण** यांच्या ईशान्येस व नैर्ऋत्येस जमीन असल्यामुळें त्यांवर वाफ असलेला वारा वाहत नाहीं. ह्मणून या ठिकाणीं बहुतेक उष्ण्या वर्षांत फारसा पर्जन्य पडत नाहीं. तसेंच स्वतंत्र तार्तरीमधील **गोबी** व **शामो** या मैदानांवर हिमालयावरून शुष्क वारा जात असल्यानें तेथेंही मुळींच पाऊस पडत नाहीं.'

निरनिराळ्या देशांत जो पाऊस पडतो, त्याचें मान अनेक स्थानिक कारणांनीं भिन्नभिन्न असतें; परंतु दुसऱ्या गोष्टी समान असल्या, तर उष्ण देशांत पाऊस फार पडतो. कारण तेथें पाण्याची वाफच फार होऊन वर जात असते.

पर्जन्याचें मान विषुववृत्तापासून ध्रुवांकडे कमी कमी होत जातें. **लंडन** येथें दरसाल २३·५ इंच पाऊस पडतो; **बोर्डो** येथें २५·८ इंच; **मदीरा** येथें २७·४ इंच; **मुंबईस** ७१ इंच; **कोलंबो** येथें ८० इंच; **हाव्हाना** येथें ९१·२ इंच; आणि **सेंटडामिंगो** येथें १०७·६ इंच पाऊस पडतो. पर्जन्याचें मान ऋतूंप्रमाणें भिन्न असतें. पारिस येथें हिंवाळ्यांत ४·२ इंच, वसंतांत ६·९ इंच, उन्हाळ्यांत ६·३ इंच, आणि पावसाळ्यांत ४·८ इंच पाऊस पडतो. सर्व भूगोलावर बंगालइलाख्यांत **खाशी** नामक हिमालयाच्या शिखरावर सर्वांत अ-

तिशय ह्मणजे ६०० इंच पाऊस पडतो. यापैकीं सुमारें ५०० इंच ७ महिन्यांत पडतो. सन १८५१ सालीं जुलईच्या पहिल्या तारखेस **चिरापंजी** येथें एका दिवसांत २५½ इंच पाऊस पडला. हिंदुस्थानच्या वायव्येस **कराची** बंदर आहे, तेथें सारा ७ इंच पाऊस पडतो. **सहारा** व **गोबी** मैदानांत मुळींच पडत नाहीं.

इतर गोष्टी समान असतां समुद्रापासून जसजसें दूर जावें, तसतसा कमी पाऊस पडतो. मुंबईपेक्षां पुण्यास कमी; पुण्यापेक्षां सोलापुरास कमी; आणि सोलापुरापेक्षां हैदराबादेस कमी, असा पडतो. एक चौरसयार्ड पृष्ठभागावर एक इंच पाऊस पडला ह्मणजे ४७·७४ पौंड किंवा ४·७७ ग्यालन पाणी पडतें. याच मानानें एका एकरावर २२,६६२ ग्यालन किंवा १०० टन पाणी पडतें. स्थूलमानानें एका एकरावर एक इंच पाऊस पडला ह्मणजे १०० टन पाणी पडतें, हें ध्यानांत ठेवण्यास सोपें आहे.

**९४. दहिंवरः**—पदार्थांवर रात्रौ पाण्याची वाफ थिजून जे पाण्याचे थेंब बनतात, त्यांस **दहिंवर** किंवा **दंव** ह्मणतात. रात्रौ विसर्जनानें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील पदार्थ शीत होतात; यामुळें दहिंवर पडतें. विसर्जनामुळें पदार्थांचें उष्णमान सभोंवतालच्या हवेपेक्षां कित्येक अंश उतरतें. असें होतां होतां अनेक वेळां विशेषें करून हिंवाळ्यांत व उष्णकाळांत असें घडतें कीं, हें उष्णमान इतकें उतरतें कीं, त्या उष्णमानावर तिजमध्यें असलेल्या वाफेनें हवा संपृक्त होते, आणि नंतर त्याहूनही उष्णमान कमी होतें. असें झालें ह्मणजे जो हवेचा थर अशा थंड झालेल्या पदार्थांच्या सन्निध असतो, व ज्याचें उष्णमान पदार्थांच्या उष्णमानाइतकें होतें, त्यांतील कांहीं वाफ थिजते. ज्याप्रमाणें थंडगार पाण्याची कुपी गरम ठिकाणीं आणिली ह्मणजे तिजवर हवेंतील पाण्याची वाफ थिजून पाण्याचे थेंब जमतात, त्याचप्रमाणें थंड झालेल्या पदार्थांवर पाण्याची वाफ थिजून दहिंवर पडतें.

दहिंवर पडण्याचें हें खरें बीज प्रथमतः डाक्टर **वेल्स** यानें शोधून काढिलें. या सिद्धतेप्रमाणें ज्या ज्या कारणांनीं पदार्थांचें शीत होणें वाढेल, तीं सर्व कारणें जास्त दहिंवर पडण्यास उपयोगीं पडतील. हीं कारणें पदार्थांची विसर्जक शक्ति, आकाशाची स्थिति व हवेंतील चलन वलन हीं होत. ज्या पदार्थांच्या

अंगीं विसर्जकशक्ति फार असते, ते पदार्थ त्वरित शीत होतात. ह्मणून त्यांवर जास्त वाफ थिजावी हें उघड होय. प्रत्यक्ष अनुभव असा आहे कीं, धातूसारखे पदार्थ, त्यांतही विशेषें करून जिल्हई दिलेले धातूचे पदार्थ, यांची विसर्जक शक्ति फार कमी असते. ह्मणून त्यांवर फार थोडा दहिंवर पडतो. परंतु जमीन, वाळू, कांच व वनस्पति यांची विसर्जक शक्ति फार असल्यामुळें यांवर फार दहिंवर पडतो. कित्येक झाडांवर व झुडपांवर आणि हिरव्या गवतावर लहान थेंब जमतात, असें नसून त्यांवर पाण्याचे थरांचेथर जमतात. कारण हे पदार्थ शीघ्रविसर्जक आहेत.

आकाशाची स्थिति जशी असेल, त्याप्रमाणेंही दहिंवर जास्तकमी पडतें. आकाश निरभ्र असतें, तेव्हां रात्रौ आकाशाच्या पोकळींतून पृथ्वीवर फार थोडी उष्णता येते, परंतु पृथ्वीपासून फार उष्णता विसर्जित होते. यामुळें ती फार थंड होऊन तिजवर विपुल दहिंवर पडतें. परंतु जेव्हां आकाश मेघांनीं आच्छादित असतें, तेव्हां आकाशाच्या पोकळीपेक्षां त्यांचें उष्णमान फार उच्च असल्यामुळें मेघापासून पृथ्वीकडे उष्णता विसर्जित होते. यामुळें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील पदार्थ फार थोडे शीत होतात, व त्यांवर दहिंवर पडत नाहीं.

वारा वाहात असेल त्याप्रमाणेंही दहिंवर जास्तकमी पडतें. वारा मंद असला ह्मणजे दहिंवर जास्त पडतें. कारण येणेंकरून वरचेवर वाफ असलेली नवी हवा पदार्थांच्या सन्निध येते. परंतु वारा फार जोराचा असला ह्मणजे दहिंवर कमी पडतें. कारण त्याच्या सान्निध्यानें पदार्थ उष्ण होतात; आणि यामुळें हवेस शीत होण्यास काळ मिळत नाहीं. याशिवाय जेव्हां हवा फार आर्द्र असते, तेव्हां विपुल दहिंवर पडतो. कारण हवा फार आर्द्र असली ह्मणजे थोडें उष्णमान उतरतांच ती संपृक्त होते.

उष्णकटिबंधांतील जे देश समुद्रानजीक असतात, त्या देशांत पावसाच्या जागीं दहिंवरच पडतें. असा प्रकार **पेरू** व **चिली** या देशांत घडतो. सर्भोवार फार जमीन असते अशा समुद्रापासून दूरच्या ठिकाणीं दहिंवर फार थोडें पडतें. विलायतेंत जें एकंदर दहिंवर पडतें, तें १$\frac{1}{2}$ इंच पावसाइतकें असतें.

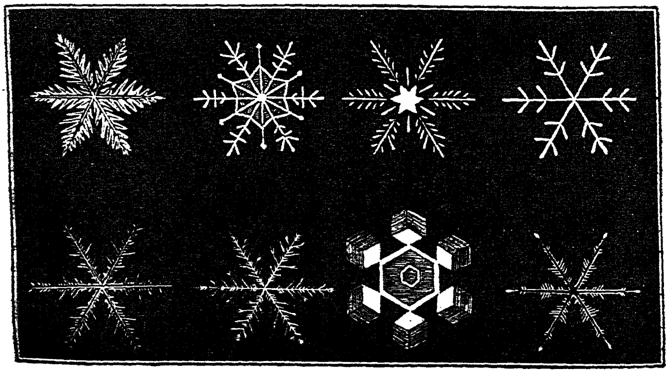
विसर्जनानें उष्णमान उतरल्यामुळें जें दहिंवर पडतें तें दहिंवर, आणि थंड भिंतीवर गरम व आर्द्र हवा गेल्यानें जें दहिंवर पडतें तें दहिंवर, या दोहोंमध्यें

भेद आहे. सौम्य हवेंत हें दुसरें दहिंवर द्रवरूपानें पडतें, आणि कडक थंड हवा पडली ह्मणजे हिम किंवा वर्फ या रूपानें पडतें. या तऱ्हेचें दहिंवर शीघ्रवाहकांवर विपुल पडतें. कारण हे पदार्थ अत्यंत थंड होतात.

जे पदार्थ ०° **श** पेक्षां कमी शीत होतात, त्यांवर जें दहिंवर पडतें तें थिजतें. अशा पदार्थांवर जे पोकळ पांढरे शुभ्र स्फटिक बनतात, त्यांवरून असें दिसतें कीं, वाफ द्रवरूपांत न जातां एकदम घनरूपांत गेली आहे. हें थिजलेलें दहिंवरही साध्या दहिंवराप्रमाणें झाडांचीं पानें व बुंध यांसारख्या शीघ्र विसर्जकांवर फार पडतें; आणि विशेषें करून जे भाग आकाशाकडे वळलेले असतात त्यांवर जास्त पडतें. उत्तरहिंदुस्थानांत हें दहिंवर डार्जिलिंग, सिमला व नाइनीताल व हरिद्वार येथें फार पडतें. तसेंच निलगिरीवरही पडतें.

**९५. हिम (स्नो):**—हवेंतील वाफ थिजून झालेलें घन पाणी चित्रविचित्र आकाराच्या स्फटिकांसारखें आकाशांत तरंगत असतें. त्यास, **हिम** ह्मणतात. ज्या सूक्ष्म गोलकांचे ढग बनलेले असतात, त्यांचें उष्णमान ०° **श** पेक्षां कमी झालें, ह्मणजे ते थिजून हे स्फटिक बनतात. शांत हवेंत हे स्फटिक बनले ह्मणजे त्यांचे आकार फार जास्त सुबक व नियमित असतात. काळ्या पृष्ठभागावर यांस जमवून मोठ्या लेन्सांतून ह्मणजे उभयबाह्य गोल भिंगांतून पाहिलें, ह्मणजे त्यांचे ताऱ्यांसारखे चित्रविचित्र आकार स्पष्ट

आ० ७४.



दिसतात. त्यांच्या आकाराचा सुबकपणा व वैचित्र्य हीं खरोखर फार सुंदर व मनोहर असतात. डॉक्टर **ग्लेशियर** त्यानें सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें पाहून यांचे जे कित्येक आकार काढिले, ते आ० ७४ मध्यें दाखविले आहेत.

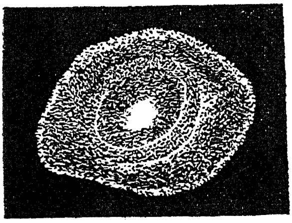
जे देश ध्रुवांजवळ आहेत, किंवा जे प्रदेश समुद्रसपाटीवर फार उंच आहेत, त्या ठिकाणीं फार हिम पडतें. ध्रुवाजवळ जमीन सर्वदां हिमानें आच्छादिलेली असते. त्याचप्रमाणें उंच पर्वतांचीं शिखरेंही हिमानें आच्छादिलेलीं असतात. विषुववृत्तावरील प्रदेशांत सुद्धां उंच पर्वतांचीं शिखरें हिमानें सतत आच्छादिलेलीं अशीं दिसतात. हिंदुस्थानांतील हिमालयपर्वताचीं शिखरें नेहमीं हिमानें आच्छादलेलीं असतात; यावरूनच याचें नांव पडलेलें असावें. एक फूट जाडीचें हिम पडलें ह्मणजे एक इंच पावसाइतकें असतें. फार वारा सुटला असला ह्मणजे मेघांतील सूक्ष्मगोलक एकाएकीं थिजून सुईच्या आकाराचे सूक्ष्म स्फटिक बनतात, व ते एकमेकांवर दाबले जाऊन त्यांचे अनियमित आकाराचे गोळे बनतात. यांस इंग्रजींत **स्लीट** हें नांव देतात.

कडक हिंवाळ्यांत खूब हिम पडल्यावर जमिनीचें उष्णमान ०° **श** पेक्षां कमी होतें, आणि नंतर हिम वितळूं लागलें, तर अशा जमिनीवरून जी आर्द्र हवा वहात जाते, तिजमधील वाफ थिजून जमिनीवर बर्फाचें सलग आच्छादन बनतें. हवेच्या उच्च प्रदेशीं पर्जन्याचे जे थेंब ०° **श** उष्णमानाहून कमी शीत होऊन जमिनीवर पडतात, त्यांचें उष्णमान जमिनीवर पोंचल्यावरही थिजण्याच्या बिंदूहून कमी असतें.

**९६. गारा:**—भिन्नभिन्न आकाराचे बर्फाचे जे घट्ट खडे वातावरणांतून पडतात, त्यांस **गारा** ह्मणतात. या देशांत चैत्र वैशाख मासीं कडक उन्हाळ्याच्या दिवसांत मुख्यत्वें गारा पडतात. दिवसास दोन प्रहरांनंतर व संध्याकाळच्या आंत मात्र गारा पडतात. रात्रीं गारा क्वचितच पडतात. **गारा** पडण्यापूर्वीं आकाशांत चमत्कारिक आवाज नेहमीं ऐकूं येतो, आणि गारा पडल्या ह्मणजे मोठा पाऊस पडेल व वादळ सुटेल असा नेहमीं संभव असतो. मोठ्या पावसाबरोबर क्वचितच गारा पडतात, व पाऊस पडल्यावर व तो बराच वेळ पडत असला, तर त्यानंतर बहुधा गारा पडत नाहींत. गारांचे मेघ बहुधा जमिनीपासून फार थोड्या उंचीवर असतात. गारेच्या खड्यांच्या गर्भांत दा-

वळलेलें हिम असतें, व सभोंवार बर्फाचे समकेंद्र पदर असतात. वाटाण्यापासून अंड्याएवढ्या किंवा नारिंगाएवढ्या मोठ्या गारा पडतात. यांचें उष्णमान ०°.५ **श** पासून ४° **श** पर्यंत असतें. गारा कशा बनतात, आणि त्यांत मुख्यत्वें मोठमोठ्या आकाराचे गारेचे खडे कसे बनतात, यांचें कारण अद्याप समाधानकारक समजलें नाहीं. हिम कधीं कधीं कित्येक दिवस एकसारखें पडतें; परंतु गारा पावतासाहून जास्त वेळ कधीं पडत नाहींत; आणि शिवाय त्या वारंवार पडत नाहींत. गारा पडतात तेव्हां नेहमीं वातावरणांत विद्युल्लतेची गडबड चालू असते.

आ० ७५.

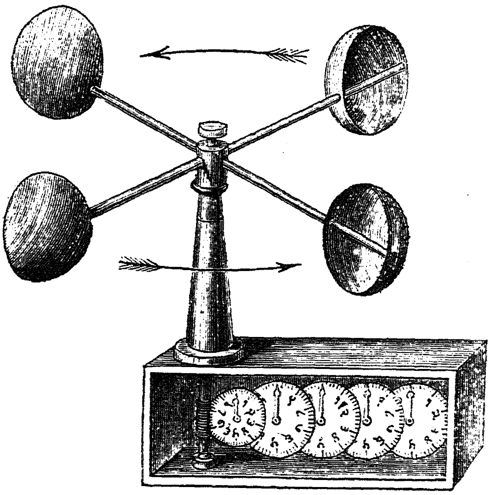


## वारे.

९७. **वाऱ्यांच्या दिशा व त्यांचे वेग:**—भिन्न भिन्न दिशांनीं व वेगांनीं वातावरणांत वाहणाऱ्या प्रवाहांस **वारे** ह्मणतात. वारे मुख्य आठ दिशांनीं वाहतात:—उत्तर, ईशान्य, पूर्व, आग्नेय, दक्षिण, नैर्ऋत्य, पश्चिम आणि वायव्य. नावाडी लोक या आठ दिशांमधील प्रत्येक अवकाशाचे आणखी चार चार भाग करून ते एकंदर ३२ दिशा कल्पितात. एका गंजिफेवर वर्तुळ काढून त्यांत या बत्तीस दिशा दाखविणाऱ्या रेषा ताऱ्यासारख्या काढलेल्या असतात, व असली गंजीफ खलाशाजवळ असते; आणि तसली गंजीफ त्यांच्या होकायंत्राच्या कांट्याखालींही बसविलेली असते (उ. भाग १ पृ. १४ पहा).

वाऱ्याची दिशा **वायुध्वजानें** काढितात, आणि वाऱ्याचा वेग **वेगमापकानें** मापितात. हीं यंत्रें अनेक आकारांचीं असतात. अगदीं साधा वायुध्वज फिरते पंखे बसविलेल्या लहानशा खांबाचा केलेला असतो. पंखे वाऱ्यानें फिरून दिशा समजते; आणि विवक्षित काळांत जितके पंख्याचे फेरे होतील, त्यांवरून वेग काढितात. हे फेरे मापण्यासाठीं ध्वजाखालीं एक अनंत मळसूत्र व चक्रांची सांगड असते. अगदीं साधा वेगमापक आकृति ७६ मध्यें दाखविला

आ० ७६.



आहे. यास रॉबिन्सन्‌चा **वेगमापक** असें ह्मणतात. बारीक दोन गज एकमेकांवर काटकोनाकार बसवून त्यांच्या शेवटांवर अर्धगोलाकार टोपणें बसविलेलीं आहेत; व ही सांगड फिरत्या आंसावर गच्च बसविलेली आहे. वारा अर्ध गोलाकार टोपणांत शिरून गजांचें चक्र गरगरां फिरतें; व याची गति एका अनंत मळसूत्रानें त्यास जोडलेल्या चाकांच्या सांगडीस पोंचते. विवक्षित काळांत चक्राचे किती फेरे झाले, हें चक्रांवरील कांट्यांनीं समजतें; आणि त्यावरून वाऱ्याचा वेग काढितां येतो. विलायतेंत वाऱ्याचा वेग दर सेकंदांत १८ पासून २० फूट असतो. जेव्हां वाऱ्याचा वेग ६ किंवा ७ फूट असतो, तेव्हां वारा सौम्य असतो; ३० किंवा ३५ फूट वेग झाला ह्मणजे त्या वाऱ्यानें हुशारी वाटते; ६० किंवा ७० फूट झाला, ह्मणजे वारा फार जोराचा असतो; आणि ८५ पासून ९० फूट वेग झाला ह्मणजे वादळ सुटून जऊळ होतें; आणि ९० पासून १२० फूट वेग झाला ह्मणजे तुफान होतें. योग्य सावधगिरी घेतली असतां ज्या शेताचें किंवा प्रदेशाचें क्षेत्र माहीत

, त्यावरून मेघाची छाया एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकाकडे जाण्यास काळ लागतो, तो पाहून वाऱ्याचा वेग मापितां येतो.

**९८. वारे उत्पन्न होण्याचीं कारणें:**—वातावरणाच्या कांहीं भा- हवेच्या समतोलत्वांत गडबड झाल्यानें वारे उत्पन्न होतात. ही गडबड नीं जवळ जवळच्या प्रदेशांवरील हवेच्या उष्णमानांत अंतर पडल्यानें होते. हरणार्थ—एखाद्या विवक्षित जमिनीच्या प्रदेशाचें उष्णमान जास्त झालें, तर तन्निध असलेली हवाही उष्ण होते. उष्ण झाल्यानें ती प्रसरण पावते, आणि मुळें हलकी झाल्यामुळें वातावरणाच्या उच्च प्रदेशीं चढते. तेथून उष्णभागापासून भागाकडे वाहते; आणि याप्रमाणें उच्च प्रदेशीं वाहणारे प्रवाह उत्पन्न होतात. तु येणेंकरून पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील समतोलत्व बिघडतें. कारण ज्या ाणची हवा उष्ण होते त्या ठिकाणीं सभोंवतालच्या थंड हवेच्या दाबापेक्षां उष्ण हवेचा दाब कमी होतो. याकरितां जास्त दाब असलेल्या ठिकाणाक- ल हवा कमी दाब असलेल्या उष्ण ठिकाणाकडे वाहूं लागते; व येणेंकरून ाह उत्पन्न होतो, आणि त्याचा वेग दोहों दाबांमधील अंतरावर अवलंबून असतो. दाबामुळें उष्ण प्रदेशावरील उष्ण झालेली हलकी हवा वर चढते. याप्रमाणें न प्रकारचे वारे उत्पन्न होतात. उच्च प्रदेशीं गेलेली उष्ण हवा शीत होऊन ण प्रदेशापासून शीत प्रदेशाकडे वहात जाते; व पृष्ठभागीं थंड प्रदेशाकडून ील थंड हवा उष्ण प्रदेशाकडे वाहते; आणि असे दोन वारे उत्पन्न होतात.

**९९. नेहमीं वाहणारे, नियमितकाळीं वाहणारे व अनिय- ात वाहणारे वारे:**—कित्येक वारे सतत नेहमीं सारख्या दिशांनीं हतात; व कित्येक भिन्न भिन्न दिशांनीं वाहतात. यावरून वाऱ्यांचे तीन वर्ग रितात:—(१) सतत वाहणारे वारे, (२) नियतकाल वाहणारे, आणि ३) अनियतकाल वाहणारे.

**(१) सतत वाहणारे वारे:**—जे वारे सर्व वर्षभर सतत वाहतात व बहुतकरून एकाच दिशेनें वाहतात, त्यांस **सतत वाहणारे वारे** ह्मणतात. वारे मध्यें न खळतां सारखे वाहतात, यामुळें व्यापाऱ्यांच्या गलबतांस फार पयोगीं पडतात. ह्मणून यांस **व्यापारोपयोगी वारे** (Trade winds) णतात. विषुववृत्ताच्या प्रदेशांतील जमिनीपासून दूर अंतरावर हे वारे एकसारखे

लार्धांत ईशान्येपासून नैर्ऋत्येकडे, आणि दक्षिणगोलार्धांत आग्नेयीपासून ड़े वाहतात. विषुववृत्ताच्या दोहों बाजूंस सुमारें ३० अक्षांशापर्यंत हे वारे ; आणि यांची दिशा बाह्यात्कारी पूर्वेकडून पश्चिमेकडे आहे असें दिसतें.

पूर्वेकडून पश्चिमेकडे जात असतां विषुववृत्तावरील हवा हळूहळू उष्ण र चढते, आणि तिच्या जागीं उत्तरेकडून किंवा दक्षिणेकडून थंड हवा ामुळें उत्तरगोलार्धांत उत्तरेकडून दक्षिणेकडे आणि दक्षिणगोलार्धांत डून उत्तरेकडे वारे वाहत असावे. परंतु दुसऱ्या कारणांनीं या दिशा त. पृथ्वीच्या दैनंदिन गतीमुळें ध्रुवांकडून येणाऱ्या या थंड हवेस जो वेग असतो तो विषुववृत्ताकडे ज्या ठिकाणीं हवा जाते, त्या ठिकाणच्या ां कमी असतो. ह्मणून ही हवा मागें राहते. आणि विषुववृत्ताच्या विषुववृत्ताजवळील ज्या ठिकाणाकडे ही हवा जाते, त्या ठिकाणांचा र असल्यामुळें ध्रुवाकडून येणारी ही हवा मागें रहात गेल्यामुळें ताच्या संबंधानें दोहों गोलार्धांत अनुक्रमें ईशान्य आणि आग्नेयी अशा त दिशा या व्यापारोपयोगी वाऱ्यांस प्राप्त होतात.

२) **नियतकाल वाहणारे वारे**:—नियमित ऋतूंत नियमितकाळीं दिशेनें जे वारे वाहतात, त्यांस **नियतकाल वाहणारे वारे** ह्मण- या वर्गांत **मानसून** किंवा **अयनवारे** ह्मणजे या देशांत नैर्ऋत्य व ईशान्य दिशेनें वाहणारे वारे, **सायमूम** ह्मणजे अरबस्थान व आ- यांच्या तापलेल्या मैदानांतून वाहणारे वारे; आणि समुद्रकांठीं वाहणारे **ई** व **खारा वारा** हे येतात. मानसून वारे ६ महिने नैर्ऋत्य दिशेनें महिने ईशान्य दिशेनें वाहतात. हे वारे तांबडा समुद्र, आरबी समुद्र- वा उपसागर आणि चीनचा समुद्र यांत व यांच्या आसपासच्या प्रदेशांत वें वाहतात. ‘हे वारे उन्हाळ्यांत समुद्राकडून जमिनीकडे आणि यांत जमिनीकडून समुद्राकडे वाहतात. कारण एप्रिलपासून अक्टोबरपर्यंत ोलार्धांतील उष्णकटिबंधांत सूर्य असल्यामुळें हिंदुस्थानांतील जमीन दक्षि- असलेल्या समुद्रापेक्षां अधिक तापते. तेणेंकरून तिजवरील हवाही होऊन वर चढते आणि दक्षिणेकडून व आग्नेयदिशेकडून उष्ण झालेल्या ीकडे वारा वाहूं लागतो. सूर्य पुढें जाऊन मध्यहिंदुस्थान, वायव्यप्रांतात

पंजाब यांतील प्रदेश तापले ह्मणजे समुद्रावरून दक्षिण व नैर्ऋत्य वारा जोरानें हूं लागतो व यासच मानसून ह्मणतात. बंगाल्यांत दक्षिण व आग्नेय या शांकडून हा वारा वाहतो. दिजंबर व जानेवारी महिन्यांत विषुववृत्त वलां- त दक्षिणगोलार्धांत सूर्य गेला ह्मणजे हिंदुस्थान वगैरे प्रदेशांतील जमीन सभों- ालच्या समुद्रापेक्षां थंड होते, आणि आस्ट्रेलिया व विषुववृत्ताच्या दक्षिणेक- ल प्रदेश सूर्याच्या उष्णतेनें तापतो आणि ईशान्येकडून वारा तिकडे वाहतो. तु बंगालच्या व पंजाबच्या थेट दक्षिणेस समुद्र असल्यामुळें बंगाल्यांत व ाबांत उत्तरेकडून दक्षिणेकडे आणि वायव्यप्रांतांत वायव्यदिशेकडून हा ा वाहतो.'

आशिया व आफ्रिका यांच्या मैदानांत सायमूम हा उष्ण वारा वाहतो, व या याचें उष्णमान फार उच्च असतें. हा वारा ज्या वाळूच्या मैदानांतून वाहतो, तील वाळू वातावरणांत चढते, व या वाऱ्याबरोबर पुढें जाते. हा वारा ला ह्मणजे हवेंत जिकडे तिकडे अंधकार पडतो; अंगाची कातडी तडतडते; सोच्छ्वास फार जलद चालूं लागतो; घसा कोरडा पडून अतिशय तहान लागते.

हाच वारा सहारा नामक मैदानांतून उत्तरेकडे आफ्रिकेंतील आल्जियर्स युरोपांतील इताली या देशांपर्यंत वाहत जातो. तिकडे त्यास **सिरोको** नांव देतात. हा वारा सुटला ह्मणजे लोक घराच्या खिडक्या व दारें गच्च करून घरीं राहतात. **इजिप्ट** ( मिसर ) देशांत हा वारा एप्रिल अखेर- ून जूनपर्यंत सुटतो, आणि सुमारें ५० दिवसपर्यंत वाहत राहतो. हा वारा ाएकीं सुटला ह्मणजे कारवान लोक आपलीं तोंडें जाड कपड्यांनीं गच्च तात, व त्यांचे उंट वाऱ्याकडे पाठ करून उभे राहतात. या वाऱ्यामुळें जो िशय घाम सुटतो तो बंद करण्याकरितां आफ्रिकेंतील लोक आपल्या अंगास वी लावितात.

**मतलई** व **खारा वारा.** समुद्रकिनाऱ्यावर दिवसास समुद्रावरून जमि- कडे आणि रात्रौ जमिनीवरून समुद्राकडे वारा वाहतो. कारण दिवसास ळच्या समुद्रापेक्षां जमीन अधिक तापते. कारण जमिनीची विशिष्ट उष्णता ा उष्णताग्राहकशक्ति कमी असते, व उष्णतावाहकता जास्त असते. या- णें जमीन तापली ह्मणजे जमिनीवरची हवा समुद्रावरच्या हवेपेक्षां जास्त

ते, व यामुळें हलकी होऊन वर चढते; आणि तिच्या जागीं समुद्रा-
ट व थंड हवेचा प्रवाह वाहतो. याप्रमाणें **खारा वारा** सुटतो. रात्रौ
समुद्रापेक्षां लवकर थंड होऊन उलट जमिनीवरून समुद्राकडे **मतलई**
ाहतो. खारा वारा सूर्य उगवल्यावर कांहीं तासांनीं सुरू होतो. आणि
रीं तीन वाजेपर्यंत वाढत जातो, व संध्याकाळीं कमी पडत जातो; व सूर्य
रात्र पडल्यावर जमिनीकडून समुद्राकडे मतलई वारा सुटतो. हे वारे
पासून फक्त कांहीं अंतरावर मात्र वाहतात. उष्णकटिबंधांत हे वारे नेहमीं
वाहतात. परंतु समशीतोष्णकटिबंधांत तितके नियमित नसतात. तथापि
देशाच्या किनाऱ्यापर्यंत हे वारे थोडे बहुत आढळतात. अमेरिकेंतल्या
सरोवरांच्या आसपास व स्वित्सर्लंदांतील सरोवरांच्या किनाऱ्यांवर
रे थोडे बहुत उत्पन्न होतात. पर्वतांच्या सान्निध्यानेंही नियमित वेळीं
णारे वारे उत्पन्न होतात. कारण पर्वतांवरील जंगलांपेक्षां उघड्या
ल जमीन दिवसास जास्त तापते; व रात्रौ पर्वतापेक्षां मैदानें जास्त थंड
ह्मणून दिवसास मैदानांकडून पर्वतावरील जंगलाकडे आणि रात्रौ
ून मैदानाकडे बारीक वारे वाहतात.

) **अनियतकाल वाहणारे वारेः**—कधीं कधीं एका दिशेनें
कधीं दुसऱ्या दिशेनें असे जे वारे अनियमित रीतीनें वाहतात, त्यांस
**तकाल वाहणारे वारे** ह्मणतात. उष्ण कटिबंधाच्या सीमेवर
दिशा फार अनियमित असते. तसेंच ध्रुवांकडे हा अनियमितपणा
तो; आणि आतिक महासागरांत एकाच काळीं क्षितिजाच्या अनेक
न पुष्कळ वारे वाहतात. परंतु जसजसें उष्णकटिबंधांत यावें, तसतसे
त नियमित होतात. नैर्ऋत्य वारा फ्रान्सच्या उत्तरेस, इंग्लंडांत, व
नियमानें वाहतो. फ्रान्सच्या दक्षिणेस वाऱ्याची दिशा उत्तरेकडे वळते,
ेन व इतालीमध्यें उत्तरवाराच वाहतो.

**. वाऱ्यांच्या परिभ्रमणाचा नियमः**—समशीतोष्ण कटि-
ऱ्यांच्या दिशा जरी बऱ्याच अनियमित असतात, तरी असें अनुमान
आलें आहे कीं, सूर्याच्या गतीप्रमाणें वाऱ्याच्या अंगीं आपल्या दिशा
ाचा व पालटण्याचा मोठा कल असतो. ह्मणजे ज्याप्रमाणें सूर्य उत्त-

कडून दक्षिणेकडे जातो, त्याप्रमाणें वाराही उत्तर दिशेपासून ईशान्य, पूर्व, आग्नेय या दिशांनीं वाहून अखेरीस दक्षिण दिशेस वाहूं लागतो; आणि तेथून उलट पश्चिम दिशेपासून उत्तर दिशेकडे भ्रमण करितो. याप्रमाणें पुष्कळ वेळां वाऱ्याच्या दिशेचें एकाच दिशेनें एक किंवा अधिक अशीं परिभ्रमणें होतात; व हीं परिभ्रमणें होण्यास पुष्कळ दिवसही लागतात. परंतु उलट दिशेनें वाऱ्याचें परिभ्रमण फार क्वचित् घडतें, आणि कधींही पूर्णभ्रमण होत नाहीं. दक्षिणगोलार्धांतील प्रदेशांत याच्या उलट वाऱ्याच्या दिशांचें परिभ्रमण होतें.

वाऱ्यांच्या दिशा बदलतात त्यांमध्यें असा कांहीं नियम असावा असें पुष्कळ दिवस लोकांच्या मनांत येऊं लागलें होतें. परंतु **डोव्ह** यानेंच प्रथमतः हा नियम शास्त्रीयरीत्या प्रसिद्ध केला, ह्मणून यास **डोव्ह** याचा वाऱ्याच्या परिभ्रमणाचा नियम असें ह्मणतात.

**१०१. हवेचे नकाशेः**—हल्लीं हवेचें मान दर्शविणारे नकाशे वारंवार व शास्त्रीयरीत्या प्रसिद्ध करूं लागल्यापासून हवेचें मान पुढें कसें होणार याची अटकळ अलीकडे बरीच ठाम रीतीनें करितां येऊं लागली आहे. मोठमोठ्या क्षेत्रावरील वातावरणाचा दाब, उष्णमान, वाऱ्याचा जोर इत्यादि नीवर रीतीनें दर्शवून हवामानाचे नकाशे तयार करितात. हे नकाशे पाहून उद्यां किंवा पुढें कांहीं दिवस हवेचें मान कसें होईल हें सांगणें शक्य झालें आहे. असले हवामानाचे नकाशे मराठी वाचकांच्या अद्याप दृष्टीस कधीं पडत नाहींत ह्मणून त्यांविषयीं येथें जास्त लिहीत नाहीं.

---

# प्रकरण १३.

## उष्णता व थंडी यांच्या उत्पत्तीचीं कारणें.

**१०२. उष्णतेच्या उत्पत्तीचीं अनेक कारणें:**—उष्णतेच्या उत्पत्तीचीं मुख्य कारणें खालीं दिलीं आहेतः–( १ ) यांत्रिक कारणें; यांत घर्षण,

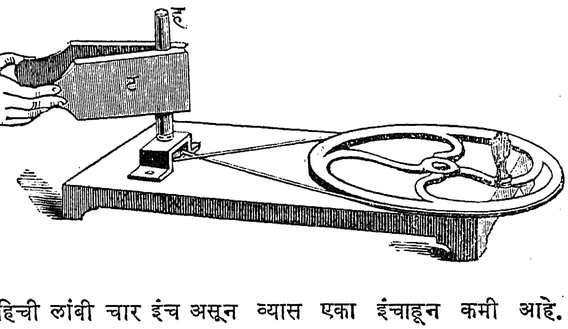
ब येतात; ( २ ) भौतिक कारणें; यांत सौरकिरण, विसर्जन, ा, अणुकार्यें, रूपांतर, आणि विद्युत् हीं येतात; ( ३ ) रासायनिक रसायनसंयोग व मुख्यत्वें ज्वलन येतात.

## यांत्रिक कारणें.

**र्षणानें उत्पन्न होणारी उष्णता:**—दोन पदार्थांचें एक- झालें ह्मणजे उष्णता उत्पन्न होते. ज्या मानानें पदार्थ एकमेकांवर जातील, व गति जास्त जलद मिळेल, त्या मानानें जास्त उष्णता उत्पन्न रणार्थ गाड्यांच्या चाकांचे कणे आपल्या ओमणांत किंवा माय- जाऊन कधीं कधीं इतके तापतात कीं, ते पेट घेतात. ०° **श**पेक्षां नावर असलेल्या अशा निर्वात प्रदेशांत बर्फाचे दोन खडे एकमे- **सर हंफ्रे डेव्हीनें** अंशतः वितळविले. पितळेच्या तोफेस ा २$\frac{१}{२}$ तासांत इतकी उष्णता उत्पन्न झाली कीं, तिच्या योगानें २६$\frac{१}{२}$ पौंड ०° **श** उष्णमानाच्या पाण्याचें १००° **श** उष्ण- .

टिंडाल यानें योजिलेल्या प्रयोगानें या गोष्टीची प्रत्यक्ष प्रचीति घेतां ७७ पहा). **ह** ही एक पितळी पत्र्याची नळी एका तोंडानें

आ० ७७.




हिची लांबी चार इंच असून व्यास एका इंचाहून कमी आहे.

ह्रिजमध्यें $\frac{3}{4}$ थंड पाणी भरून व तोंडास गच्च बूच बसवून तिला गरगरा गति देण्याच्या यंत्रावर स्क्रूनें बसवितां येतें. नळी बरोबर वसण्याजोग्या खांचा पाडलेले दोन लांकडी तुकडे ट एके वाजूस बिजागिरीनें जोडून नळीवर घट्ट दुसऱ्या बाजूनें आवळून धरिले, व यंत्रानें नळी गरगरां फिरविली, ह्मणजे नळीचें लांकडावर घर्षण होऊन जी उष्णता उत्पन्न होते, तिनें नळींतील पाणी कढूं लागून बूच उडतें.

आगकाडी घर्षणानें पेटते; कापण्यास, भोंकें पाडण्यास व कानसण्यास जीं हत्यारें घेतात, तीं नेहमीं गरम होतात; हात एकमेकांवर चोळले असतां गरम होतात; इत्यादि सर्व उदाहरणें घर्षणानें उष्णता उत्पन्न होते याचीं आहेत.

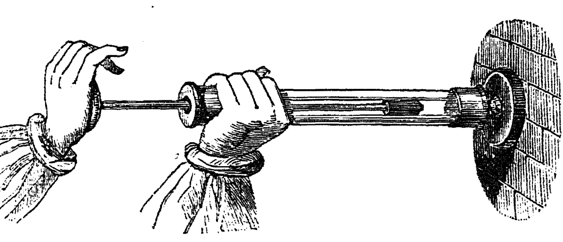
गाड्यांच्या चाकांस ज्या लोखंडी खरड्या लावितात, त्या घर्षणानें इतक्या तापतात कीं, त्यांवर पाणी ओतलें असतां त्या चुरचुरतात. आगगाड्यांच्या कण्यांचे आधार ह्मणजे ओमणें घर्षणानें इतकीं तापतात कीं, कधीं कधीं तीं पेट घेतात. असे आधार पेटल्याचीं उदाहरणें आगगाडीच्या डब्यांत अनेक वेळां दृष्टीस पडतात.

जे लहान तारे पडतात, ते पृथ्वीच्या आकर्षक मर्यादेंत आल्यामुळें आकर्षिले जातात, व खालीं पडतांना वातावरणावर जें त्यांचें घर्षण घडतें त्यानें व हवा संकुचित झाल्यामुळें जी उष्णता उत्पन्न होते, तिनें ते शुभ्रोष्ण होतात.

**१०४. दाब व आघात यांनीं उत्पन्न होणारी उष्णताः—** पदार्थास दाबिलें ह्मणजे ज्या मानानें त्याचा आकार कमी झाला असेल त्या मानानें त्याचें उष्णमान वाढतें. घन व द्रव पदार्थ थोडे संकोच्य असतात, ह्मणून त्यांच्या संकोचनापासून फार उष्णता उत्पन्न होत नाहीं. तेल व पाणी यांवर वातावरणाच्या १५ पासून २५ पट दाव घालून जो त्यांचा संकोच होतो, त्यापासून उष्णता उत्पन्न होते, असें **जोल** यानें सिद्ध केलें आहे. याचप्रमाणें धातूच्या खांबांवर मोठमोठालीं वजनें ठेविलीं असतां ते उष्ण होतात; आणि वजनें काढतांच शीत होतात.

वायु फार संकोच्य असल्यानें त्यांच्या संकोचापासून बरीच उष्णता उत्पन्न होते. भक्कम पिचकारी घेऊन हें दाखवितां येतें (आकृति ७८ पहा). या

आ० ७८.



रींत जाड बाजूची व एका तोंडानें बंद अशी कांचेची नळी असते;
ांत अगदीं गच्च व तुस्त बसणारा चामड्यानें मढविलेला दट्ट्या असतो.
रीच्या बुडावर पितळी टोपण असतें, व त्यास खळगी असते. तिजमध्यें
ा किंवा पिंजलेल्या कापसाचा तुकडा घालितात. दट्ट्या बाहेर काढून
हवेनें भरल्यावर दट्ट्या एकाएकीं जोरानें खालीं दाबला, ह्मणजे हवा
जाऊन इतकी उष्णता उत्पन्न होते कीं, तिनें कफ पेटतो, व दट्ट्या
बाहेर काढला ह्मणजे कफ पेटलेला दिसतो. कफ पेटण्यास सुमारें
° श उष्णमान लागतें. हवेस दाबतांच नळींत चमक दृष्टीस पडते.
उच्च उष्णमानामुळें ही चमक दृष्टीस पडते असें पूर्वी समजत असत.
दट्ट्यास जें तेल लाविलेलें असतें, त्याच्या ज्वलनामुळें ही चमक खरोखर
.

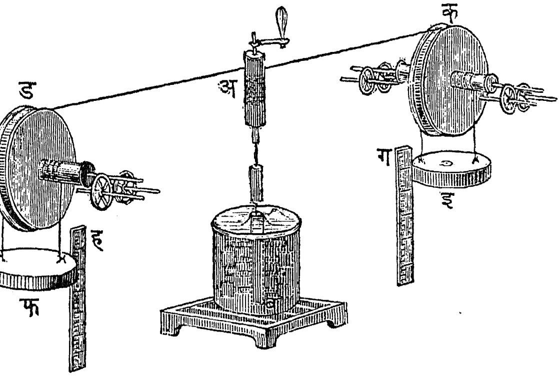
ाघातानेंही उष्णता उत्पन्न होते. गारेवर पोलादी तुकडा झाडला ह्मणजे
ा दिसतात. गारेची खडी घातलेल्या किंवा कठीण दगडांची फरशी
ल्या रस्त्यावर घोडे दुडाण चालत असतां खडीवर घोड्यांच्या पायांतील
ा आघात घडून ठिणग्या उडतात. निशाण मारण्याच्या लोखंडी ढालेवर
ची गोळी बसतांच ज्योत दिसते. लोखंडी कुलपी गोळे लोखंडी ढालेवर
ह्मणजे आघातानें फुटून उडतात. ऐरणीवर लोखंडाचा तुकडा ठेवून

यावर हातवड्यानें ठोकिलें ह्मणजे तो कढत होतो; आणि या रीतीनें हुशार लोहार लोखंडाच्या तुकड्यास लालभडक करूं शकतो.

**१०५. उष्णतेचा यांत्रिकसममूल्यः**—या व दुसऱ्या असंख्य प्रयोगांवरून उष्णता व गति या दोहोंमध्यें निकटसंबंध आहे, असें सिद्ध होतें. पदार्थांची गति एकाएकीं आघातानें थांबविली किंवा सावकाश घर्षणानें थांबविली, तर सर्वदां उष्णता उत्पन्न होते. पदार्थांच्या गतीचें पदार्थांच्या घटक अणूंच्या गतींमध्यें रूपांतर होतें; आणि पदार्थांच्या अणूंच्या गतीसच उष्णता ह्मणतात (क० १). तसेंच विवक्षित काम झालें ह्मणजे कांहीं उष्णता खर्च होते. याचें उत्तम उदाहरण वाफेच्या यंत्रांत दृष्टीस पडतें. यांत दगडी कोळसे जाळून जी उष्णता उत्पन्न होते तिचें, ज्या वाफेच्या यंत्रानें सर्व यंत्रें चालतात, त्या यंत्रांच्या गतीमध्यें रूपांतर होतें. विवक्षित वजनाचें इंधन जळल्यानें जी उष्णता उत्पन्न होते, त्या उष्णतेची शीतकांतील पाण्यांत जी उष्णता जाते तिशीं तुलना केली, आणि यंत्रांतून वहनानें व विसर्जनानें जी उष्णता जाते, तीही हिशेबांत धरिली, तर जेवढी उष्णता कमी येते, तेवढी काम करण्यांत खर्च झालेली असते.

या प्रकारचें रूपांतर होतें, हें केवळ प्रयोगानेंच दाखवितां येतें असें नसून शंका न राहण्याजोग्या रीतीनें दोहोंमध्यें नियमित संबंध आहे, असें काढण्यांत आलें आहे. चालू शतकांतील हा मोठा शास्त्रीय शोध असून त्यापासून फार महत्वाचे परिणाम निघालेले आहेत. या विलक्षण शोधाचें श्रेय जर्मनींतील **मेयर** या विद्वानास आणि इंग्लंडांतील **जोल** या विद्वानास देतात. **जोल** यानें याविषयीं जे अनेक प्रयोग केले त्यांवरूनच हा सिद्धांत पूर्णपणें प्रथमतः स्थापित झाला. यानें जे अनेक प्रयोग केले त्यांपैकीं सर्वांत साधा असा होताः— एका पितळेच्या **ब** पंचपात्रांत विवक्षित वजनाचें व उष्णमानाचें पाणी भरून त्यांत एका दांड्यास पितळी पत्रे बसवून त्यांसकट दांडा पाण्यांत बुडविला. व या दांड्याच्या **अ** जाड भागावर दोन दोऱ्या गुंडाळून त्यांचीं शेवटें **क, ड** कप्प्यांवरून खालीं नेऊन त्यांच्या शेवटांस **इ, फ** वजनें टांगिलीं (आ० ७९ पहा). हीं वजनें जसजशीं खालीं उतरत त्याप्रमाणें दांडा फिरून त्यास लाविलेल्या पत्र्यांनीं पाणी ढवळलें जाई; आणि पाणी व पत्रे यांच्या घर्षणानें

आ० ७९.




ष्णमान वाढे. जोलच्या प्रयोगांत वजनें ६३ फूट उतरण्याची ती व ही उंची मोजण्यासाठीं **ग, ह** ह्या दोन मानपट्या जोडलेल्या त्रे लावलेल्या दांड्यापासून दोरी गुंडाळण्याचा दांडा किंवा आंस वेगळा काढून पुनः जोडण्याची योजना होती. यामुळें पत्रे अस- ा न फिरतां **अ** भागास वेगळें काढून दोऱ्या गुंडाळून वजनें वर त्र पुनः सोडतां येत. **ब** भांड्यांत विवक्षित वजनाचें व विवक्षित वें पाणी घालून त्यास एका बैठकीवर ठेवीत. येणेंकरून पाण्याचें जितकें वाढे त्यावरून किती अंश उष्णता उत्पन्न झाली हें समजत णे ज्या अवकाशांतून वजनें खालीं पडत त्यावरून किती काम झालें असे. यावरून उष्णता व काम यांमधील बरोबर संबंध **जोल** ढला.

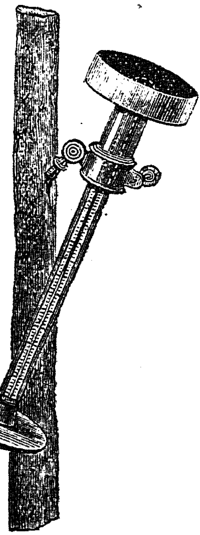
ा रीतीनेंही हे प्रयोग करण्यांत आले, व त्या सर्वांपासून असें सिद्ध एक पौंड पाण्याचें एक अंश शतभाग उष्णमान चढविण्यास जी लागते, ती उष्णता १३९० फुटपौंड कामाबरोबर असते. ह्मणजे वजन १३९० फूट उंचीवर उचललें, किंवा १३९० पौंड वजन उंचीवर उचललें, तर जें काम होतें तें एक अंश उष्णतेबरोबर असतें.

व उष्णता या दोहोंमधील हा नित्यसंबंध दर्शविणारी जी संख्या त्या
त उष्णतेचा **यांत्रिकसममूल्य** ह्मणतात; व हा सममूल्य **निघा-**
सून उष्णता व काम परस्पर रूपांतर पावूं शकतात, ह्मणजे कामाचें
र उष्णतेंत होऊं शकतें, व उष्णतेचें रूपांतर कामांत होऊं शकतें, असें
झालें.

## भौतिक कारणें.

०६. **सूर्यापासून विसर्जनानें येणारी उष्णता:**—उष्णता
करणारीं जीं अनेक कारणें आहेत त्या सर्वांत अत्यंत शक्तिमान् सूर्य
सूर्यापासून किती उष्णता विसर्जित होते, हें मापण्याकरितां अनेक प्रयत्न
**पोइले** यानें ही उष्णता मापण्याकरितां एक यंत्र शोधून काढिलें
तें आ० ८० मध्यें दाखविलें आहे. यांत एक उथळ चपट्या पंचपा-

आ० ८०.



त्राच्या आकाराचा पातळ पत्र्याचा केलेला डबा असतो, व त्यांत पारा भरतात. डब्याच्या तळास एक भोंक असून त्यांत एक नळी बसविलेली असते. या नळींत एक उष्णमापक असें बसविलेलें असतें कीं, त्याचा फुगा डब्यांतील पाऱ्यांत बुडतो. उष्णमापकाची डब्याखालील नळी दुसऱ्या पितळी नळींत बसविलेली असते. पितळी नळीस एक फट असते. तिजमधून उष्णमापकाचे अंश पाहतां येतात. हें सारें यंत्र एका कड्यानें व स्क्रूनें खांबास अडकवितां येतें. वरल्या डब्याचें तोंड सूर्याकडे असतें. तें काजळानें मढविलेलें असतें. उष्णमापक असलेल्या पितळी नळीवर खालच्या बाजूस डब्याच्या आ-काराएवढाच डब्याशीं समांतर असा पत्रा

असतो. याचा उपयोग असा होतो कीं, सूर्याकडे तोंड असलेल्या
ाच्या काळ्या तोंडांतच सूर्याचे सर्व किरण लंब दिशेंत बरोबर
वा नाहीं हें त्याची जी सावली खालच्या पत्र्यावर पडते त्यावरून
ावली पत्र्यावर बरोबर पडत नसल्यास पत्र्यावरच सावली पडेपर्यंत
ात. या यंत्रानें जे प्रयोग करण्यांत आले, त्यांवरून **पोइले**
णित केलें आहे कीं, सूर्यापासून पृथ्वीवर एका वर्षांत जी उष्णता
पयोग बर्फ वितळण्यांत केला, तर तिच्या योगानें पृथ्वीच्या सर्व
ल ३५ यार्ड जाडीचा बर्फाचा थर वितळला जाईल. परंतु अगदीं
केला तरी असें दिसतें कीं, पृथ्वीच्या ज्या पृष्ठभागावर विसर्जनानें
ाता येते, तो पृष्ठभाग, आणि पृथ्वी व सूर्य यांमधील अंतर या
सूर्यापासून जी एकंदर उष्णता विसर्जित होते, तिचा
०००० वा भाग मात्र पृथ्वीवर येऊन पोंचतो.

या अक्षांशावर आहे, त्या अक्षांशावरील जमिनीवर एका दिवसांत
ी उष्णता विसर्जनानें येते, ती उत्पन्न करण्यास ६० पोतीं दगडी
वे लागतील, असें **प्यारेडे** यानें अनुमान केलें आहे.

**भौमिक उष्णता**:—आपल्या गोलाच्या अंगींही उष्णता आहे,
**क उष्णता** असें नांव देऊं. पृथ्वीचें उष्णमान पृष्ठभागापासून
र्यंत उतरत जातें. आणि तेथें तें सर्व ऋतूंत कायम असतें. या-
अनुमान काढिलें आहे कीं, पृथ्वीच्या आंतील विवक्षित थराच्या
ीच्या उष्णतेचा प्रवेश होत नाहीं, व या थरास कायम उष्णमा-
सें ह्मणतात. या थराची पृष्ठभागापासून खोली पृथ्वीच्या निर-
गीं भिन्न भिन्न असते. पारिस येथें ३० यार्ड खोलीवर कायमचें
तें व तें ११°·८ **श** असतें.

र्वताच्या मॉंटसेनिस या डोंगरास भोगदा पाडतांना ज्या ठिकाणीं
जाडीचा वर खडक होता, त्या ठिकाणचें उष्णमान पाहण्यांत
जें उष्णमान होतें, त्यावरून दर १६४ फुटांस १° **श** प्रमाणें
ालीं वाढत गेलें आहे असें अनुमान करण्यांत आलें.

ष्णमानाच्या थराखालीं प्रत्येक ९० फूट खोलीस १° **श** या मा-

ानें सरासरी उष्णमान वाढत जातें. हें असें उष्णमान वाढतें याची प्रचीति ोल खाणींत व कारंजाच्या विहिरींत आली आहे. या अनुमानावरून २००० ार्ड खोलीवरील थराचें १००° श उष्णमान असेल, आणि २० पासून ३० ल खोलीवर उष्णमान इतकें उच्च असेल कीं, पृष्ठभागावरील सर्व पदार्थ तेथें ितळून जातील. ह्या भूगर्भांतील उष्णतेचीं उन्हाळे व ज्वालामुखी पर्वत हीं त्यक्ष प्रमाणें आहेत.

पृथ्वीच्या अंतरभागापासून पृष्ठभागाकडे उष्णमान कमी होत जातें. ह्मणून ृष्ठभागापासून कांहीं उष्णता नाहींशी होत असावी. परंतु अशी फार थोडी उष्णता नाहींशी होते. पृथ्वीच्या मंदवाहकत्वामुळें या रीतीनें पृथ्वी फार सावकाश थंड होते. असें गणित करण्यांत आलें आहे कीं, या रीतीनें १० लक्ष वर्षांत पृथ्वीचें उष्णमान अवघें १° श सुद्धां उतरणार नाहीं.

## रासायनिक कारणें.

**१०८. रासायनिक संयोग, ज्वलनः**—जेव्हां दोन पदार्थ त्यांमधील परस्पर रसायनप्रीतीमुळें संयोग पावतात, तेव्हां त्या कृतीस **रसायनसंयोग** असें ह्मणतात. जेव्हां रसायनसंयोग होतो तेव्हां नेहमीं कांहीं उष्णमान वाढतें. ज्या वेळीं हे रसायनसंयोग सावकाश घडतात, उदाहरणार्थ–जेव्हां लोखंड हवेंत गंजतें, तेव्हां जी उष्णता उत्पन्न होते, ती फार थोडी असते, परंतु जेव्हां हे संयोग जलद घडतात, तेव्हां फार उष्णता उत्पन्न होते. दोनही वेळीं सारख्याच परिमाणाची उष्णता उत्पन्न होते. परंतु जेव्हां ती सावकाश उत्पन्न होते तेव्हां ती ज्या मानानें उत्पन्न होते, त्याच मानानें जिकडे तिकडे पसरून नाहींशी होते, व यामुळें उष्णमान वाढत नाहीं.

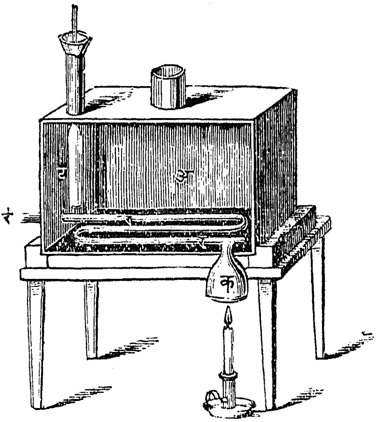
ज्वलन हा रसायनसंयोगाचाच प्रकार असून या संयोगाबरोबर उष्णता व प्रकाश उत्पन्न होतात. लांकडें, मेणबत्या, व तेलाचे दिवे जळत असतां लांकडें, चरबी, व तेल वगैरेंतील कार्बोन व हैड्रोजन यांचा हवेंतील आक्सिजनाशीं संयोग होतो; आणि त्यापासून पाण्याची वाफ व दुसरे वायु व कांहीं चपल पदार्थ उत्पन्न होतात, व ते धुराबरोबर जातात. विस्तवानें सर्व वस्तूंचा नाश होतो, अशी जी जुनी समजूत आहे ती खरी नाहीं. विस्तवानें कशाचाही

नाहीं. त्याच्या योगानें कांहीं तत्वें वेगळीं होऊन तीं दुसऱ्यांशीं ात. विस्तवानें जरी पदार्थांचा विच्छेद होतो, तरी कांहीं नवे र्थही उत्पन्न होतात. पदार्थ जळतो; तेव्हां त्याचें रूपांतर मात्र त्याच्या द्रव्याचा नाश होत नाहीं.

दार्थ सज्योत जळतात. ज्योत ही ज्वलनानें उच्च उष्णमानावर वायु किंवा वाफ होय. ज्वलनापासून जे पदार्थ उत्पन्न होतात रूपाप्रमाणें ज्योतीची प्रकाशदायक शक्ति भिन्न भिन्न असते. ज्योतीं-दार्थ असला, ह्मणजे त्यानें तिची प्रकाशदायक शक्ति वाढते. कार्बान व हैड्रोजन या वायूंची व आल्कोहोल या द्रवाची ज्योत फिकट असते. ा ज्योतींत ज्वलनानें उत्पन्न झालेले वायुरूपी पदार्थ मात्र असतात; ी, तेलाचा दिवा, किंवा खनिज कोळशांच्या धुराचा दिवा यांच्या फार प्रकाश पडतो. याचें कारण असें आहे कीं, ज्योतीच्या नें कित्येक वायूंचें पृथग्भवन होऊन कार्बान वेगळा पडतो; आणि जळत नाहीं, ह्मणून ज्योतींत शुभ्रोष्ण होऊन राहतो. यामुळें . **बन्सेन** याच्या दिव्यासारख्या दिव्यांत हवेचा नक्कळ पुरवठा नना करून खनिज कोळशाच्या धुरास जाळिलें, तर त्याच्या ज्योती-क कांहीं प्रकाश पडत नाहीं. प्रकाशहीन ज्योतींत आस्बेस्टोस म धातूची तार धरून तिला प्रकाशमान करितां येतें. ज्योतीची शक्ति तिच्या उष्णमानावर अवलंबून नसते. हैड्रोजनाची ज्योत ट असते, परंतु तिचें उष्णमान अत्यंत असतें.

**रम्फोर्ड याचा उष्णतामापकः**—ज्वलनापासून जी उष्णता ती मापण्यासाठीं आ० ८१ मध्यें दाखविलेल्या उष्णतामापकाचा ानें उपयोग केला होता. **अ** या धातूच्या पत्र्याच्या पेटींत विवक्षित उष्णमानाचें पाणी असतें. त्या पाण्यांतून **र र'** ही वांकविलेली नळी वें **र'** तोंड उघडें असतें, व दुसऱ्या तोंडांत **क** ही गळती बसवि-. ज्या पदार्थांची उष्णताजनक शक्ति मापावयाची असेल, वजन करून त्यास गळतीच्या खालीं ठेवितात व पेटवितात.

आ. ८१




ज्वलनानें जे वायु उत्पन्न होतात, ते गळतींतून वांकड्या नळीच्या द्वारें बाहेर जातात, व जात असतां सभोंवतालच्या पाण्यास उष्ण करून त्याचें उष्णमान वाढवितात. पाण्याचें जें उष्णमान चढेल, तें ट या उष्णमापकानें समजतें. पाण्याचें वजन व त्याचें चढलेलें उष्णमान या दोहोंवरून पाण्यानें किती उष्णता शोषण केली हें समजतें; आणि पदार्थ जळल्यावर त्याचें वजन केलें असतां किती जनाचा पदार्थ जळला हें समजतें. यास्तव जेवढा पदार्थ जळून गेला, त्याच्याच वलनापासून पाण्यानें शोषण केलेली उष्णता उत्पन्न झाली हें उघड होतें. ाच तत्त्वावर चांगल्या योजना करून जे प्रयोग करण्यांत आले, त्यांवरून ालील पदार्थांच्या उष्णताजनकशक्ति काढण्यांत आल्या आहेत. पदार्थांपुढें ज्या ख्या दिल्या आहेत, त्या तितके अंश उष्णता दर्शवितात; ह्मणजे एक पौंड जनाचा तो पदार्थ जाळिला असतां, त्यापुढें दिलेल्या संख्येइतक्या पौंड पाण्याचें ° श उष्णमान चढतें.

| | | | |
|---|---|---|---|
| हैड्रोजन. | ३४,५००. | फास्फरस. | ५,७००. |
| दलदलवायु. | १३,०६०. | वाळलेलें गवत. | ४,८००. |
| पेट्रोलम. | १२,३००. | लांकूड. | २,९००. |
| आलिव्ह तेल. | ९,८६०. | कार्बोन एकाक्साईड. | २,४००. |
| अंथ्रासाईट. | ८,४६०. | गंधक. | २,२००. |
| चरबी. | ८,०००. | जस्त. | १,३००. |
| आल्कोहोल. | ७,१८०. | लोखंड. | १,१८१. |
| दगडी कोळसा. | ७,०००. | | |

वरील कोष्टकावरून असें दिसतें कीं, एक पौंड वजनाचे खनिज कोळसे

तां, साधारण उष्णमानाच्या ११ पौंड पाण्याची पूर्णपणें वाफ
थापि व्यवहारांत उष्ण करण्याची फार सोयीची योजना असली,
$\frac{2}{3}$ शांहून जास्त उष्णता उत्पन्न होत नाहीं.

**थंडी उत्पन्न होण्याचीं कारणें:**—पदार्थ घनरूपांतून द्रव-
असतां थंडी उत्पन्न होते असें मागें सांगितलें (क. ४०). या-
ूंच्या प्रसरणानें, साधारण विसर्जनानें आणि विशेषेंकरून रात्रौ जें
तें त्यानेंही थंडी उत्पन्न होते.

**वायूच्या प्रसरणानें उत्पन्न होणारी थंडी:**—वायूस
केलें ह्मणजे त्याचें उष्णमान वाढतें, असें आपण पाहिलें. याच्या
ार घडतो. वायूस विरल केलें ह्मणजे उष्णमान उतरतें. वायूचें
वाढविलें ह्मणजे कांहीं उद्भूत उष्णता अदृश्य होते. आ० २६
विलेलें तारेचें नाजूक उष्णमापक वाताकर्षकाच्या ग्राहकांत
ुकास रितें केलें, ह्मणजे दट्ट्याच्या प्रत्येक ठोक्याबरोबर उष्ण-
कांटा शून्याकडे सरतो. आणि ग्राहकांत हवा घेतली ह्मणजे पुनः
येतो. **कर्क** यानें एक बर्फाचें यंत्र शोधून काढिलें आहे. त्यांत
धर्माचा उपयोग केला आहे. हवेच्या संकोचापासून जी उष्णता
, तिला थंड पाण्याच्या प्रवाहानें घालवितां येतें. याप्रमाणें आकुंचित व
ी हवा असलेलें भांडें मिठवण्यांत ठेवितात आणि हवेस प्रसरण
येणेंकरून त्या हवेनें मिठवणी इतकें थंड होतें कीं, त्यांत ठेवि-
यांतील पाणी थिजतें. या रीतीनें हवा संकुचित करण्यासाठीं घेत-
च्या यंत्रांत एक टन दगडी कोळसे जाळले, तर त्यापासून एक टन
करितां येतें.

रण्याचे हौद व खोल्या बांधण्यांत याच तत्वाचा उपयोग करण्यांत
. हवेस आकुंचित करून थंड पाण्याच्या प्रवाहानें तिला हवेच्या
र येईपर्यंत थंड करितात. नंतर तिला प्रसरण पावूं देतात. येणें
फार शीत होते. अशा शीत झालेल्या हवेस जो अवकाश शीत
असेल, तेथें जाऊं देतात. ह्मणजे त्याचें उष्णमान उतरतें. या-
श च्या खालीं–१५° श पर्यंत उष्णमान उतरवितां येतें. अशा

केलेल्या हौदांत व खोल्यांत उष्णकाळीं मांस सांठवून ठेवितात; आणि
न मांस आणविण्यासही यांचा उपयोग करितात.

**१२. रात्रौ विसर्जनानें उत्पन्न होणारी थंडी:**—दिवसा जमि-
ून विसर्जनानें जितकी उष्णता जाते, तिजपेक्षां जास्त उष्णता जमिनीस
सून मिळते. परंतु रात्रीं याच्या उलट प्रकार घडतो. जमिनीपासून
नानें जी उष्णता जाते, तिच्या जागीं सूर्यापासून मिळत नसते. ह्मणून
ीचें उष्णमान रात्रीं फार उतरतें, आणि आकाश जसें निरभ्र असेल,
उष्णमान फारच उतरतें. कारण आकाशांत मेघ असले ह्मणजे पृथ्वी-
विसर्जनानें जे किरण जातात, त्यांहून फार जास्त उष्ण किरण मेघापासून
ड़े येत असतात. आकाश साभ्र असतां जरी उष्णमान कित्येक दिवस
$४^{\circ}$ **श** असलें तरी कित्येक हिंवाळ्यांत नद्यांचें पाणी थिजत नाहीं.
आकाश निरभ्र असलें ह्मणजे कमी कडक हिंवाळ्यांत सुद्धां नद्या थिजतात.
नानें जी शीतता उत्पन्न होते, ती पदार्थांच्या विसर्जक शक्तीवर फार अव-
असते. विसर्जक शक्ति जास्त असल्यास जास्त शीतता उत्पन्न होते.

ालइलाख्यांत या रीतीनें जी शीतता उत्पन्न होते, तिचा बर्फ करण्यास
ग करितात. गवत किंवा वाळला पाचोळा अशा अवाहक पदार्थांवर
नें भरलेलीं उथळ भांडीं उघड्या हवेंत ठेवितात. हवेचें उष्णमान
**श** असलें तरी विसर्जनानें व बाष्पभवनानें जी थंडी उत्पन्न होते,
योगानें पाणी थिजतें. आकाश निरभ्र असतां या रीतीनें नेहमीं शीतता
करितां येईल. असें सांगतात कीं, लहान झाडांच्या कोंवळ्या टकशा
करपूं नयेत ह्मणून पेरू देशांतील लोक मोठा विस्तव पेटवितात. त्याच्या
सून त्यावर कृत्रिम ढग उत्पन्न होतो; व त्याच्या योगानें विसर्जनानें
शीतता उत्पन्न होत नाहीं.

ड देशांतील खेड्यापाड्याचे लोक असें ह्मणतात कीं, आकाश निरभ्र असून
चांदणें पडतें, तेव्हां जास्त पाणी थिजतें. हें त्यांचें ह्मणणें जरी बरोबर
तरी या ठिकाणीं चंद्राच्या चांदण्यामुळें जास्त पाणी थिजत नसून आकाश
असल्यानें विसर्जन अबाधित चालल्यामुळें वास्तविक जास्त पाणी थिजतें.

**समाप्त.**

# पूर्वार्धांतील विषयांवर

# प्रश्न.

## भाग १.

## पुस्तक १.

## दार्थांचे साधारण धर्म व सार्वत्रिक आकर्षण.

रासायनिक व भौतिक कार्यांमध्यें अंतर काय असतें तें सांग आणि प्र-
कांहीं उदाहरणें दे.

पदार्थ कोणत्या तीन रूपांत असतात?

पदार्थ तीन रूपांत किंवा अवस्थांमध्यें असतात याचें कारण अणूंच्या
धर्मांवरून सांगतां येतें?

पदार्थ ज्या तीन अवस्थांमध्यें आढळतात त्या तीनही अवस्थांमध्यें
आढळणाऱ्या पदार्थांचीं कांहीं उदाहरणें दे.

जडत्व ह्मणजे काय याचें स्पष्टीकरण कर.

समगति, समवर्धमानगति आणि क्षीयमाणगति यांच्या व्याख्या दे, आणि
परिणाम कशापासून उत्पन्न होतात तें सांग.

. तारवाच्या पुढच्या किंवा मागच्या बाजूस तोफ उडविली असेल त्या-
तारवाच्या गतीवर काय परिणाम घडेल तें सांग.

. गालीच्यावर काठीनें वडविलें ह्मणजे धुरळा निघतो, याचें बीज काय
ष्ट करून सांग.

. घर्षण वाढविणें केव्हां इष्ट असतें व घर्षण कमी करणें केव्हां इष्ट असतें
उदाहरणें दे.

१०. सृति ह्मणजे सरपटण्याचें घर्षण आणि लोटन ह्मणजे चक्राकार गतीचें
ा, यांचीं कांहीं उदाहरणें दे.

११. वळ्याळाचा लंबक मध्यभागापेक्षां कडांकडे अधिक पातळ कां केलेला
तो ?

१२. पीस व रुपया सारख्या वेगानें पडतात हें कसें दाखवितां येईल ?

१३. वल्ह्यांस पंखें लावण्यापासून काय फायदा होतो ?

१४. एका लांब दोरीच्या शेवटास वजन बांधून वाहत्या पाण्यांत बुड-
व दोरीचें दुसरें शेवट हातांत धरिलें ह्मणजे वजन स्थिर झाल्यावर दोरी
शी तिर्कस होते. दोरीस ही तिर्कस स्थिति कोणत्या प्रेरणांच्या कार्यानें
होते तें आकृति काढून स्पष्ट कर.

१५. केंद्रोत्सारी प्रेरणेचीं कांहीं व्यवहारांतील उदाहरणें दे.

१६. मंडळावर घोडा फिरवीत असतां स्वार आपलें अंग नेहमीं मध्याकडे
तो याचें कारण काय ? जर त्याणें घोडा जास्त वेगानें पळविला, तर
क्षां जास्त किंवा कमी मध्याकडे अंग वळवावें लागेल ?

१७. घोडा भरधांव पळत असतां घोड्यावर उभें असलेल्या स्वारानें उभी
डी मारिली, तर त्याचें शरीर कोणत्या रेषेंत पुढें जाईल ?

१८. खूब वेगानें चालणाऱ्या आगगाडीच्या उघड्या डब्यांत उतारूनें चेंडू वर
शेंत फेंकला, तर गाडी चालत असतां जमिनीवर उभें राहून पाहणारास
कोणत्या रेषेनें वर चढतांना दिसेल ?

१९. मंडळावर घोडा पळत असतां गोल कड्यांतून स्वारास उडी माराव-
असल्यास कोणत्या दिशेनें तो उडी मारतो तें सांग.

२०. पवनचक्की गरगरां फिरत असतां तिच्या पंख्यांच्या सर्व भागांस सारखा
सतो काय ? सारखा वेग नसेल, तर कोणत्या भागीं अत्यंत वेग असतो ?

२१. आगबोट खूब वेगानें चालत असतां तिजवर जमिनीवरच्या प्रमा-
डूंनीं खेळतां येतें याचें कारण काय ?

२२. विषुववृत्तावर एक पोकळ नळी जमिनींत मध्याकडे खुपसली व त्या
एक खडा मधोमध सोडला, तर तो नळीच्या एका बाजूवर लवकरच आ-
कोणत्या बाजूवर आदळतो व त्याचें कारण काय ?

. एका काठीस मध्यें एक ओझें टांगून दोघे हमाल **अ, ब** खांद्यांवरून
हेत; तर खालील स्थितींत प्रत्येक हमालावर कोणत्या प्रमाणानें वजन
सांग:—

( १ ) जेव्हां ओझें काठीच्या मधोमध टांगलें असेल;
( २ ) जेव्हां ओझें **ब**च्या दुप्पट अंतरावर **अ** पासून असेल;
( ३ ) जेव्हां ओझें **अ**च्या चौपट अंतरावर **ब** पासून असेल.

दाराच्या बिजागरींत बोट सांपडलें तर अतिशय चेंगरतें याचें कारण

चिमट्यानें किंवा सांडशीनें लांकडांतील खिळे उपटून काढतांना यां-
र्य कसा साधतो, त्याचें स्पष्टीकरण कर.

दांतानें आपण सुपारी फोडतों, तेव्हां कोणत्या प्रकारच्या उच्चालकाचें
तें ?

जमिनीवरील वजन हातानें वर उचलतांना बाहूचा खालचा भाग
प्रकारचा उच्चालक होतो; याचा खुलासा कर ?

गुरुत्वाकर्षण व गुरुत्व यांमधील भेद स्पष्ट कर ?

टेबल समपातळींत ह्मणजे पानसळींत आहे कीं नाहीं आणि भिंत
त आहे कीं नाहीं, हें कसें पाहतां येतें ?

एकाच हातांतून पाणी भरलेली बारडी नेण्यापेक्षां दोहों हातांत दोन
धिक सोपें कां असतें ?

. ज्या सडकेस एका बाजूनें चढ आहे अशा रस्त्यावरून दगडांनीं
गाडी निर्भयपणें नेतां येते. परंतु गाडी गवतानें भरलेली असली,
टण्याचें भय असतें. याचें कारण काय ?

. खोट्या तराजूनें पदार्थाचें बरोबर खरें वजन कसें काढतां येतें ?

. गुळगुळीत उतरणीच्या ऐवजीं माडीवर चढण्यास पायऱ्यांचा जिना
तात ?

. साध्या घड्याळाच्या आंदोलकाची लांबी कशास ह्मणतात ?

. घड्याळ जलद किंवा सावकाश चालूं लागलें, तर बरोबर चालण्या-
आंदोलकास काय करितात ?

३६, दरसेकंदास एक झोला खाणारा आंदोलक समुद्रकांठीं बरोबर वेळ ावितो. त्यास पर्वताच्या शिखरावर नेल्यास त्याच्या लांबींत काय फरक केला हेजे ?

३७. पृथ्वीचा आकार कसा आहे हें काढण्यास आंदोलकाच्या आंदोलनांचा ा उपयोग करितात, त्याचें स्पष्टीकरण कर.

३८. स्नेहाकर्षण व रसायनाकर्षण यांमध्यें भेद काय ? तसेंच संलग्नता णि रसायनप्रीति यांमध्यें भेद काय ?

३९. स्नेहाकर्षण व संलग्नता यांमधील भेद सांग.

४०. ज्या क्रियांमध्यें स्नेहाकर्षण, संलग्नता आणि रसायनाकर्षण या प्रेर- चीं अनुक्रमें कार्यें घडतात अशीं कांहीं उदाहरणें दे.

४१. ज्या पदार्थांमध्यें काठिण्य, घनवर्धनीयता, स्थितिस्थापकता आणि ठि- ळपणा हे धर्म अनुक्रमें अत्यंत आहेत अशीं कांहीं उदाहरणें दे.

४२. आगबोट पुढें जात असतां धूर जर थेट वर लंब दिशेंत चढेल, तर वरून हवेच्या स्थितीविषयीं काय अनुमान करितां येईल ?

४३. चिखलाच्या रस्त्यावरून गाडी भरधांव जात असतां चाकांपासून चि- ल व पाणी कोणत्या दिशेनें उडतात, व त्याचें कारण काय तें सांग.

४४. उंच मनोऱ्यावरून खालीं दगड सोडला, तर तो मनोऱ्याच्या पायाच्या बंधानें कोठें पडेल ?

४५. दिव्याच्या व शामदानाच्या बैठकांचे तळ शिशानें जड कां करितात ?

४६. जंगी भोंवरा फिरवितात त्याचें यांत्रिकबीज काय ?

४७. खोऱ्यानें मजूर माती उकरतो व बुट्टींत भरतो, तेव्हां तो कोणती ांत्रिकक्रिया करितो तिचें वर्णन कर ?

४८. तारवांत भरण्यास भरपूर माल मिळाला नाहीं, तर त्यांस जड रण्याकरितां दगड वाळू वगैरे भरतात याचें कारण काय ?

४९. साध्या तराजूनें व कमानीच्या ताजव्यानें वजन करण्यांत कांहीं फ- क असतो कीं काय ?

५०. कमानीच्या ताजव्यानें पदार्थाचें खरें वजन कळतें असें ह्मणतात ाचा काय अर्थ समजावयाचा ?

ड्वा जमिनीच्या सपाटीशीं समांतर वारा वाहत असतो, तेव्हां
ोपासून वर उडवितां येतें. ज्या प्रेरणांच्या कार्यानें त्यास वर
ा मिळते त्यांचें आकृति काढून स्पष्टीकरण कर.

---

# पुस्तक २.

## द्रवरूपी किंवा पातळ पदार्थ.

भांड्यांतील पाण्याची धार दुसऱ्या भांड्यांत पडूं लागली, ह्मणजे
किंवा तुषार उडतात. पाण्याच्या कोणत्या धर्माचा हा परिणाम आहे?
ाणि वायु यांमध्यें कोणता विशेष भेद आहे तें सांग.
चें खारें पाणी गोदींत न येण्यासाठीं अडविण्यास लाविलेल्या
राचें किंवा नदीचें पाणी अडविण्यास लावलेल्या दारापेक्षां जास्त
काय ? दोहों ठिकाणीं पाण्याची खोली सारखी आहे असें समजा.
रांस जोडलेल्या भांड्यांत द्रवांचा दाब सर्वत्र सारखा पडतो, हें
गू पडत नाहीं ?
र्षणाच्या मुख्य क्रियांचें वर्णन कर व त्यांचीं उदाहरणें दे. चिंचो-
पारा व पाणी यांच्या पृष्ठभागांचे आकार कसे असतात ?
भरलेल्या भांड्यांतील द्रवांत रेशमी दोऱ्याचें एक शेवट बुड-
भांड्याच्या कांठावरून खालीं लोंबत राहिलें, तर कांहीं वेळानें
होतें. हें कशामुळें घडतें तें सांग ?
दार्थ व द्रव पदार्थ यांचें सच्छिद्रत्व सिद्ध करणाऱ्या कांहीं प्रयो-
र.
भिन्न द्रव भिन्नभिन्न मानानें घनपदार्थांस चिकटतात हें ज्या प्र-
ितां येतें त्याचें वर्णन कर.
तळ्यांतून किंवा दुसऱ्या नाल्यांतून कारंजास पाणी येतें, त्या तळ्यां-
ा उंचीइतकें कारंजाचें पाणी उडत नाहीं, याचें कारण काय ?
ाकोंबडे व दुसरे कित्येक किडे पाण्याच्या पृष्ठभागावर पळूं शकतात,
ाय ?

११. तांब्यांतून पाणी ओततांना कांहीं पाणी धार पडते त्याखालीं भांड्याच्या बाजूवर बहुधा उतरतें, याचें कारण काय ?

१२. शिसपेनीनें लिहिलेल्या अक्षरांपेक्षां शाईनें लिहिलेलीं अक्षरें अधिक टिकतात. याचें कारण काय ?

१३. वांकड्या तिकड्या अनियमित आकाराच्या पदार्थांचें बरोबर आकारमान काढण्याच्या साध्या रीतीचें वर्णन कर.

१४. पाण्यावर तरंगत असलेल्या बुचाच्या लांकडाच्या मोठ्या तुकड्यावर पाण्यानें भरलेला एक लहान पण हमचौक डबा ठेविला; आणि डब्याच्या बाजूस भोंक पाडिलें तर काय परिणाम घडतो व त्याचें कारण काय ?

१५. पान्यावर कोणते धातु तरतात व कोणते त्यांत बुडतात ?

---

# पुस्तक ३.

## वायुरूपी पदार्थ.

१. वायु आणि द्रव यांमध्यें मुख्य भेद काय ?

२. वायुरूपी पदार्थांचे धर्म समजून घेण्यास हवा कां घेतात ?

३. हवेचें अस्तित्व कसें सिद्ध करितां येतें ?

४ हवेच्या दाबावर अवलंबून असणाऱ्या कांहीं यंत्रांचें वर्णन कर, आणि त्यांचें कार्य कसें घडतें, तें सांग ?

५. हवेचा दाब कसा मापितात ?

६. वायुरूपी पदार्थांस वजन असतें व ते स्थितिस्थापक असतात हें कसें दाखवितां येईल ?

७. हवेची स्थितिस्थापकता प्रयोगद्वारा सिद्ध कर.

८. विवक्षित पातळींत हवेचा दाव सर्व दिशांनीं सारखा पडतो हें कोणत्या प्रयोगानें सिद्ध होतें ?

९. वायुभारमापकाच्या नळींतील पान्यावरील पोकळी अगदीं हवारहित आहे किंवा नाहीं, हें कसें सांगतां येईल ?

१०. विवक्षित क्षेत्रावर हवेचा दाव किती पौंडांचा पडतो हें कसें काढितां येतें ? हवेचा पुष्कळ दाव आपल्या शरीरावर पडत असतां आपणांस कां कळत नाहीं ?

ापकाची नळी सर्वत्र सारख्या व्यासाची असणें अवश्य आहे कीं
पकाच्या नळीची पोकळी सर्वत्र सारखी असणें अवश्य आहे कीं
ारणांसहित दे.

ची उंची मोजण्यास भारमापकाचा उपयोग करितात, त्याच्या
करण कर.

स्थिति समजण्यास भारमापकाचा उपयोग कोणत्या तत्त्वावर
लासा कर.

मध्यें किंवा दारवेची परीक्षा करण्याच्या नळींत पाणी कसें च-
ीकरण कर.

कर्षक यंत्राच्या ग्राहकांत किती रिक्तता उत्पन्न झाली आहे, हें
तें ?

ांत बऱ्याच खोलीवर सोडलेला हवेचा बुडबुडा जसजसा वर येतो,
ागीं पोंचेपर्यंत त्याचा आकार वाढत जातो, याचें कारण काय ?

आंतबाहेर न जाण्याजोगी एक पिशवी घेऊन तिजमध्यें समुद्रांत
ीवर एक घनफूट हवा भरली, आणि नंतर तिला पृष्ठभागीं आ-
ं आकारमान काय होईल ?

ा साधारण दाब असतां (३० इंच) एक पौंड वजनाची हवा १३·
ागा व्यापिते, तर २९·२ इंच दाब असतां किती जागा व्यापील ?

ुडे पाण्यांत अमुक खोलीपर्यंतच बुडूं शकतील, ही मर्यादा को-
गोष्टींवर अवलंबून असते ?

बुड्यांनीं आपल्या घंटेंत भारमापक नेल्यास त्यावर काय परिणाम
क फूट खोलीवर अमुक परिणाम घडेल असा हिशेब करून सांग.

ाम्या सोडावाटरच्या बाटल्यांस बुचें गच्च बसवून खूब खोल सो-
नंतर त्यांस वर काढलें, तर पुष्कळ वेळां त्यांत पाणी शिरलेलें आ-
बुचें पहिल्याप्रमाणें गच्च असतात. असें कशामुळें घडतें तें सांग.

अर दारू सांठविण्याच्या पिपास माथ्यावर एक गुडदी असते,
काय व तिचें कार्य कसें घडतें ?

२३. नलिकायंत्राचें कार्य कसें घडतें त्याचें खुलासेवार स्पष्टीकरण कर. रिक्तस्थळीं त्याचें कार्य घडेल कीं नाहीं ?

२४. निर्वात केलेल्या ग्राहकांत विवक्षित पदार्थाचें जितकें वजन भरेल, त्यांहून हवेंत कमी वजन भरतें याचें कारण काय ?

२५. हिरे वजन करून विकतांना भारमापकाची उंची जास्त किंवा कमी असतां विकणाऱ्या जवाहिऱ्यास फायदेकारक होईल तें सांग.

२६. हिरे खरेदी करतांना हिरे तोलण्यास स्फटिकाचीं किंवा प्लाटिनमचीं वजनें घेतल्यानें खरेदीदारास फायदा होईल ?

२७. विमानांतून पर्यटन करणारा इच्छेप्रमाणें विमानास वर कसें नेतो व त्यास खालीं कसें आणतो ?

२८. हवा फुंकण्याच्या भात्याचें हवा सोडण्याचें द्वार व हवा घेण्याचा पडदा यांशीं दोन्हीं बंद केलीं, तर भात्याच्या फळ्यांस वेगळें करितां येत नाहीं, याचें कारण काय ?

२९. धुरळा असलेल्या रस्त्यावर पावसाची सर पडून गेल्यावर जो चमत्कारिक वास येतो त्याचें कारण काय ?

३०. चुना लावलेल्या कापडी छताचे वाशांखालील भाग फिकट दिसतात याचें कारण काय ?

३१. उघड्या मैदानांत जितका हवेचा दाब असतो तितकाच घराच्या बंद खोलींतही असतो याचें कारण काय ?

३२. विटेसारख्या सच्छिद्र पदार्थांतील हवेचें आकारमान प्रत्यक्ष प्रयोगानें कसें काढतां येईल, तें सांग.

---

# पुस्तक ५.

## उष्णता.

१. पदार्थाच्या आकारावर उष्णतेचा परिणाम साधारणपणें कसा घडतो ? साधारण नियमास कांहीं अपवाद आहेत कीं काय ?

२. मनुष्याच्या शरीरांतील उष्णता कोणत्या रीतीनें उत्पन्न होते व कायम राहते ?

आणि वायु यांवर उष्णतेचीं कार्यें साधारणपणें कशीं घडतात,

ाधें उष्णमापक कसें करितात व त्यावर अंश कसे मांडतात,

उष्णमापक सूक्ष्म उष्णमान समजण्याजोगें बरोबर आहे किंवा
ा कशी करितां येते ?
ल व पाणी हे पदार्थ उष्णमापकें करण्यास घेण्यांत फायदे व
त, याची तुलना कर.
स्थळांतून उष्णता जाते व येते असें मानण्यास कोणत्या गोष्टी का-
आणि हें सिद्ध करण्यासाठीं कोणता प्रयोग करितां येईल,

ा एकाच उत्पत्तिस्थानापासून विसर्जनानें एक चौरसफूट आणि
वकाशास सारखी उष्णता मिळते. तर उष्णतेच्या उत्पत्ति-
चीं अंतरें काय असतील ?
ा उत्पत्तिस्थानापासून पदार्थांचें अंतर वाढेल त्याप्रमाणें विस-
न किंवा तिचा जोर व्युत्क्रम ह्मणजे उलट प्रमाणांत कमी होत
ारा कसें सिद्ध करितां येईल.
ालच्या पदार्थांच्या उष्णमानांशीं ज्याचा संबंध नाहीं असें को-
वक्षित स्थळीं हवेचें उष्णमान काय आहे हें काढण्यास कोणत्या
, व यामुळें होणाऱ्या चुका कोणत्या रीतीनें टाळतां येतात ?
ाणें भिन्नभिन्न जातींचे प्रकाश असतात, त्याचप्रमाणें भिन्नभिन्न
असतात, हें कसें स्थापित करितां येतें ?
ी व वायुरूपी पदार्थ उष्ण होण्याची ह्मणजे त्यांमध्यें उष्णता
रीति घन पदार्थ उष्ण होण्याच्या रीतीपासून कोणत्या गोष्टींत

च्या किंवा मातीच्या कौलांच्या छपरांपेक्षां गवती छपरें कोणत्या
फायदेकारक असतात ?
्या भिंगाच्या छपराच्या खोलींतील हवा, त्या खोलीस कृत्रिम

रीत्या उष्ण केलें नाहीं, तरी बाहेरच्या हवेपेक्षां जास्त गरम असते याचें कारण काय ?

१५. 'गरम कपडे' असें आपण ह्मणतों, तेव्हां आपल्या ह्मणण्याचा शास्त्रीय रीत्या काय अर्थ असतो ?

१६. जाळीच्या आंदोलकाचें वर्णन कर आणि त्या आंदोलकानें सर्व ऋतूंत घड्याळें कशीं सारखीं चालतात याचें स्पष्टीकरण कर.

१७. गरम हवेंतून थंड हवा असलेल्या खोलींत सतार, ताऊस, किंवा पियानो नेल्यास वाद्यें बेसूर होतात, याचें कारण काय ? सूर चढतात किंवा उतरतात ?

१८. ढगांमधून उन्हांत विमान गेल्यास, विशेष काळजी न घेतली, तर कोणतें भय असतें, व त्याचें कारण काय ?

१९. हवेच्या साधारण दाबाखालीं असलेली बर्फाच्या (०° श) उष्णमानाची विवक्षित आकारमानाची हवा एका भांड्यांत आहे. या भांड्यांतील हवेवरचा दाब कमीजास्त करितां येतो. भांड्यांतील हवेचें उष्णमान १००° श पर्यंत वाढविलें, तर हवेचें आकारमान तेंच कायम राहण्यास किती दाब वाढविला पाहिजे ?

२०. वारे कसे उत्पन्न होतात त्याचें वर्णन कर.

२१. पदार्थ द्रवरूपांतून घनरूपांत जात असतां मोठा यांत्रिक जोर उत्पन्न होतो याचें उदाहरण दे.

२२. जे पदार्थ द्रवरूपापेक्षां घनरूपांत हलके असतात, अशा पदार्थांचीं कांहीं उदाहरणें दे.

२३. सांचांत ओतून हुबेहुब नमुने घेण्यास कोणते धातु योग्य व कोणते अयोग्य असतात, तें सकारण सांग.

२४. बाष्पभवनाच्या, ह्मणजे हव्या त्या उष्णमानावर वाफ होण्याच्या संबंधानें, ईथर व पाणी, आल्कोहोल व जवसाचें तेल, आणि कापूर व बर्फ या जोड्यांची तुलना कर.

२५. सृष्टींतील भौतिक क्रियांमध्यें पाण्याच्या उच्च अनुद्भूत उष्णतेचा कोणता महत्वाचा उपयोग होतो तें सांग.

व वाफ यांमध्यें काय भेद आहे ?
आणि वाफ यांमधील भेद स्पष्ट कर.
ड जळत असतां त्यांतून कधीं कधीं ठिणग्या उडतात याचें

ास आधण आलें ह्मणजे सूं असा आवाज होतो याचें कारण काय ?
कपडे पाणी थिजण्याच्या उष्णमानावरही उघड्या हवेंत वाळत
तात, याचें कारण सांग.
दार्थ घनरूपांतून एकदम वायुरूपांत जातात, अशा कांहीं
रणें दे.
याचा कढण्याचा बिंदु १००° श आहे' असें ह्मणतात, याचा
ीय अर्थ काय तें सांग.
ाचा कढण्याचा बिंदु कशानें बदलतां येतो तें सांग, व प्रयोग-
.
ज्या उष्णमानावर कढतें त्या उष्णमानावरून विवक्षित स्थलाची
ढतां येते, तें खुलासेवार सांग.
पर्वतांच्या शिखरांवर नेहमींच्या रीतींनीं सागूति चांगली शिजत
ारण सांग.
श उष्णमानाचें बर्फ असलेल्या भांड्यास त्यांतील द्रव्याचें उष्ण-
श होईपर्यंत एकसारखी उष्णता लाविली, तर कोणकोणते
 पडतात आणि त्यानंतर आणखी उष्णता लाविली तर काय
.
०° श उष्णमानाच्या एक घन फूट बर्फास एकसारखी उष्णता
त्यापासून त्यावर काय काय परिणाम घडतात, त्यांचें खुलासेवार

रसारखा चपलद्रव हातावर पाडविला, तर हात गार होतो.
ाय ?
ल्यावर पाणी शिंपडल्यापासून ताजेपणा वाटतो, याचें कारण काय ?
ोंवार समुद्र असलेल्या बेटाची किंवा समुद्रकांठच्या प्रदेशाची

हवा त्याच अक्षांशावर समुद्रापासून दूर असलेल्या प्रदेशाच्या हवेपेक्षां बेताची व समशीतोष्ण असते याचें कारण काय?

४१. **अनुद्भूत उष्णता, उद्भूत** ह्मणजे **गोचर उष्णता,** आणि **विशिष्ट उष्णता** कशास ह्मणतात, हें उदाहरणें देऊन सांग, आणि विशिष्ट उष्णता काढण्याच्या एका विशेष रीतीचें वर्णन कर.

४२. दहिंवर कसें पडतें याचें खुलासेवार वर्णन कर. थिजलेला दंव केंव्हां पडतो?

४३. कोणत्या पदार्थांवर जास्त दहिंवर पडतें? झाडाखालीं कां दहिंवर पडत नाहीं?

४४. आगगाडीच्या वाफेच्या यंत्रांतून वाफ सावकाश अदृश्य होतांना दिसली, ह्मणजे हवेच्या स्थितीविषयीं काय अनुमान करतां येईल?

४५. हवेचें **आर्द्रतामान** ह्मणजे काय? कोणत्या तरी एका आर्द्रतामापकाचें वर्णन कर.

४६. बर्फ किंवा हिम असलेलें भांडें गरम खोलींत आणिलें ह्मणजे कोणत्या क्रिया दृष्टीस पडतात?

४७. रात्रीस आकाश साभ्र असून फार वारा असला ह्मणजे जितकें दहिंवर पडतें त्यापेक्षां निरभ्र व शांत अशा रात्रीं फार दहिंवर पडतें याचें कारण काय?

४८. (१) थंड देशांत बर्फ किंवा हिम वितळूं लागतें तेव्हां भिंतींच्या आंतल्या बाजूंवर आर्द्रता दिसते; (२) वाताकर्षकाच्या ग्राहकांत त्यास एकाएकीं रिक्त केल्यास वाफेचा ढग दिसतो; आणि (३) बर्फाच्या मोठ्या ढिगाजवळ उभें राहिल्यास थंडी वाजते; या तिहींचीं खुलासेवार कारणें सांग.

४९. दंवाचा बिंदु कशास ह्मणतात? हिंवाळ्यापेक्षां उन्हाळ्यांत हा बिंदु पुष्कळ वेळां उच्च असतो आणि अशा वेळीं हवा कोरडीही असते. याचीं कारणें देऊन खुलासा कर. जमिनीवर मात्र दहिंवर पडतें आणि जमिनीपासून थोडे फूट उंचीवर पडत नाहीं. तसेंच कित्येक पदार्थांवर जास्त आणि कित्येकांवर कमी दहिंवर पडतें, याचें कारण काय?

५०. कांहीं विवक्षित वेळीं तळ्याचा पृष्ठभाग वाफेच्या ढगानें आच्छादलेला दिसतो याचें कारण काय? असें केव्हां घडतें व त्याचें कारण काय?

विनें भरलेल्या पिशवींतील हवा तिजवर वजनें ठेवून दाबानें विद्युन्मालेवर सोडिली, तर माला उष्ण झाल्याचें आढळून येतें, हवेच्या बंदुकींत पूर्वी हवा संकुचित केलेली आहे अशा बंदुकींतील र सोडिली, तर माला शीत होते. साधारण तत्वांवरून या गोष्टींचीं आणि याचींच आणखी कांहीं उदाहरणें दे.

विवक्षित स्थळाची हवा कोणत्या मुख्य गोष्टींवर अवलंबून असते ?

उष्णतेनें जे परिणाम घडतात त्याच्या उलट परिणाम घडविले ह्मणजे गता उत्पन्न होते, याचीं कांहीं उदाहरणें दे.

भारमापकाच्या तत्वाचें विवरण कर. उष्णमानांत फेरफार झाल्यानें वर काय परिणाम घडतात ? पाऱ्याच्या भारमापकापेक्षां पाण्याच्या वर विकृत उष्णमानाचे जास्त परिणाम घडतात, याचें कारण सांग.

उष्णतेनें जे परिणाम व जीं कार्यें घडतात ते परिणाम किंवा तीं कार्यें णत्याही रीतीनें घडवून आणिल्यास नेहमीं शीतता उत्पन्न होते. उदाहरणें देऊन स्पष्टीकरण कर.

शीतताजनक मिश्रणाच्या सहाय्यावांचून दुसऱ्या कोणत्या साध- त्रिम रीत्या बर्फ करितां येईल ?

ढगांची भौतिक घटना कशी असते हें खुलासेवार सांग, आणि ढग ामुळें लोंबत किंवा तरंगत राहतात, तेंही सांग. पावसाळ्याच्या शान्य वाऱ्यापेक्षां नैऋत्य वाऱ्याचा आणि पावसाळ्याच्या अखेरीस ऱ्यापेक्षां ईशान्य वाऱ्याचा जोर जास्त होतांच नेहमीं वळींव पाऊस याचा सकारण खुलासा कर.

वर्षणानें, आघातानें आणि दाबानें उष्णता उत्पन्न होते याचीं कांहीं दे.

पर्जन्याची उत्पत्ति कशी होते व तो कसा पडतो याचें आरंभा- खेरपर्यंत खुलासेवार वर्णन कर.

आपणाजवळ दगडी कोळसे किंवा लांकडें नसलीं तर उष्णता उत्पन्न ठीं दुसऱ्या कोणत्या साधनांचा आपणास उपयोग करितां येईल ?

६१. साध्या रस्त्यावर घोड्याच्या योगानें गाडीस जितका वेग देतां येतो, ाहून लोखंडी सडकांवर कोणत्या दोन कारणांनीं गाडीस जास्त वेग देतां तो तें सांग.

६२. प्रत्यक्ष मोजल्याशिवाय स्थळांची उंची मापण्यास कोणतीं साधनें ापणास उपलब्ध आहेत ?

६३. खिडकीच्या भिंगांतून सूर्याचे किरण गेल्यानें भिंगें फारशीं तापत हींत. परंतु साध्या विस्तवाच्या आड कांचेचें मोठें तावदान धरिलें तर तें ्म होतें. याचें कारण काय ?

६४. पक्क झालेलीं द्राक्षें मोठ्या पावसाच्या सरीनें विघडतात, याचें रण काय ?

६५. मातीच्या काळ्या कौलावर पांढरीं अक्षरें काढलेलीं आहेत. अशा लास शुभ्रोष्ण करून त्यास अंधक प्रकाश असलेल्या खोलींत पाहिलें, तर ल शीत होत असतां काय प्रकार दृष्टीस पडतील ?

६६. कांचेच्या जाड तावदानांतून सूर्याचे किरण गेले तर त्यांच्या योगानें वदानाआड असलेल्या उष्णमापकाच्या फुग्यावर फारसा परिणाम घडत हीं. परंतु उष्णमापकाचा फुगा काळा केलेला असला, तर त्यावर तत्काळ िणाम घडतो. याचा खुलासा कर.

६७. ज्या भिंतीस उष्णमापक टेंकलेलें आहे त्या भिंतीवर सूर्यप्रकाश तो तेव्हां उष्णमापक जास्त चढतें, याचें कारण काय ?

६८. उघड्या मैदानांतल्या पेक्षां भिंतीस लावून ठेविलेलीं द्राक्षें जलद ्रतात, तसेंच सफेत भिंतींपेक्षां काळ्या भिंतीनें अधिक चांगलीं पिकतात, ें कारण काय ?

६९. लारलच्या किंवा कमळाच्या पानाचा वरचा पृष्ठभाग तकतकीत व ुळगुळीत असतो, आणि खालचा भाग खरवरीत असतो. याचा, त्याच्या ्मानावर, काय परिणाम घडतो ?

७०. सैंधवासारख्या खाणींतील मिठाचा चौकोनी पांढरा शुभ्र पत्रा ावर उभा ठेवून त्याच्या एका बाजूस सूक्ष्म उष्णमापक ठेविलें आणि

या बाजूस सारख्या उष्णमानाचे व सारख्या जाडीचे व आका-
वाचा व एक लोखंडाचा असे पत्रे अनुक्रमें धरिले, तर प्रत्येका-
ापकावर काय परिणाम घडेल ?

डावाटरची बाटली उघडली, ह्मणजे तिजमधील पाण्याच्या उष्ण-
परिणाम घडतो.

ण्याच्या विवक्षित क्षेत्राच्या पृष्ठभागापासून जेवढें बाष्पभवन घडतें
ाच क्षेत्राच्या भिजलेल्या गवतापासून जास्त बाष्पभवन घडतें, याचें

फेच्या नळाची पोकळी उष्णतेनें वाढते किंवा नाहीं हें समजण्यास
सा मार्ग कोणता ?

र्बानिक आसिड वायूमधील ध्वनीचा वेग ०° **श** उष्णमानाच्या
का कोणत्या उष्णमानावर होईल ?

ण्यास न हालूं देतां अगदीं संथ ठेविलें तर त्याचें उष्णमान
सुद्धां १००° **श** पेक्षां जास्त चढवितां येतें. जर त्यास हाल-
कहूं लागतें. परंतु फक्त थोड्याशा पाण्याची मात्र वाफ होते,
काय ?

च्या आर्द्रतामानाप्रमाणें ध्वनीचा वेग बदलतो. या कार्याचें
ूप काय व असें घडण्याचें कारण काय ?

# सूचीपत्र.

# ORKS IN THE MARATHI LANGUAGE

BY THE SAME AUTHOR.

## Scientific.

| | Rs. | As. | P. |
|---|---|---|---|
| ics Vol. I ( Statics ) advanced ... ... | 2 | 0 | 0 |
| thwaite's Elementary statics ( translated ). | 1 | 4 | 0 |
| ns and examples on the above ... ... | 0 | 4 | 0 |
| ic Chemistry Vol. I ( non-metals )... ... | 2 | 8 | 0 |
| Do. Vol. II metals ... ... | 2 | 0 | 0 |
| Do. Vol. III metals and practical mistry ... ... ... ... ... | 2 | 4 | 0 |
| Chemistry Vol. I ... ... ... | 3 | 0 | 0 |
| Do. Vol. II ( in the press ) ... | | | |
| tary Treatise on Physics Vol. I, Properties matter, Universal attraction, Properties of uids and gases, and Heat ... ... ... | 3 | 0 | 0 |
| . Vol. II, Electricity and magnetism ... | 3 | 8 | 0 |
| . Vo. III, Sound and Light ... ... | 2 | 8 | 0 |
| s School Course on Heat (translated) ... | 3 | 0 | 0 |
| e's Natural Philosophy (translated) ... | 0 | 8 | 0 |
| e's Chemistry (translated) ... ... ... | 0 | 10 | 6 |
| ey's Introductory Primer ( translated ) ... | 0 | 12 | 0 |
| to Health ( translated ) ... ... ... | 0 | 1 | 0 |
| tary Lesson's in Chemistry ( non-metals ) ... | 2 | 0 | 0 |
| ation on Common objects. | | | |
| Part I, Mineral objects ... ... ... | 1 | 0 | 0 |
| Part II, Vegetable and Animal objects... | 1 | 0 | 0 |
| ook on Sanitary Science ( translated ) Parts nd II... ... ... ... ... ... | 3 | 0 | 0 |
| Popular Natural Philosophy ( translated ) th wood-cut illustrations. | | | |
| 'ol. I, Properties of matter, Universal attraction, Properties of Liquids and Gases ... | 2 | 0 | 0 |

| | Rs. | AS. | P. |
|---|---|---|---|
| Vol. II, Heat ... ... ... ... ... | 1 | 8 | 0 |
| Vol. III, Electricity and magnetism ... ... | 2 | 8 | 0 |
| Vol. IV, Sound and Light ... ... ... | 2 | 8 | 0 |

## Historical.

| | | | |
|---|---|---|---|
| History of the Kolhapur Principality. | | | |
| Vol. I, 1650—1812 ... ... ... ... | 1 | 8 | 0 |
| Vol. II, 1812—1883 ... ... ... ... | 1 | 8 | 0 |
| History of the Southern Maratha States including Patwardhan, Mudhol, Ramdurga, Savanur, Nipani, Nargund, and Kittur States ... ... | 1 | 8 | 0 |
| History of the Mahomedan Kingdoms in the Deccan. | | | |
| Vol. I, Bahamini Kingdom ... ... ... | 2 | 0 | 0 |
| Vol. II, Bijapur Adilshahi Kingdom ... ... | 2 | 0 | 0 |
| Vol. III, Ahmadnagar, Golkonda, Bedar and Bear kingdoms and Vijayanagar Kingdom. | 1 | 8 | 0 |
| Chronological Tables ( 1728-1895 ) ... ... | 2 | 8 | 0 |
| Kolhapur and S. M. States Gazetteer ( translated ) | 4 | 8 | 0 |
| Short History of the Mahomedans in India ... | 0 | 6 | 0 |

☞ Can be had at Kolhapur from the Author, except those Marked.

# याच ग्रंथकाराचीं पुस्तकें.

## शास्त्रीय.

| किंमत | रु० | आ० | पै. |
|---|---|---|---|
| त्र पूर्वार्ध (स्थितिशास्त्र), प्रौढ बोध, डे. अ. पृष्ठें ३००. | २ | ० | ० |
| व यंत्रस्थितिशास्त्र, कोरींव आकृतींसह पृष्ठें १०४.... | १ | ० | ० |
| रील उदाहरणें व प्रश्न पृष्ठें ६४. ... ... ... | ० | ४ | ० |
| य रसायनशास्त्र पूर्वार्ध, अधातुरूपतत्वें पृष्ठें २८७.... | २ | ८ | ० |
| त्तरार्ध भाग १, धातुरूप तत्वें पृष्ठें २५२.... ... | २ | ० | ० |
| उत्तरार्ध भाग २, धातुरूप तत्वें व कर्तव्य रसायनशास्त्र. पृष्ठें २८५. ... ... ... ... | २ | ४ | ० |
| रसायनशास्त्र, पूर्वार्ध भाग १ पृष्ठें ३१३. ... ... | ३ | ० | ० |
| सदर पूर्वार्ध भाग २ (छापत आहे) ... ... | ० | ० | ० |
| स्त्र पूर्वार्ध–जलशास्त्र, वायुशास्त्र व उष्णता पृष्ठें ६१७. | ३ | ० | ० |
| सदर उत्तरार्ध भाग १–विद्युत् आणि चुंबन पृष्ठें ७९०. | ३ | ८ | ० |
| सदर उत्तरार्ध भाग २–ध्वनिशास्त्र व प्रकाशशास्त्र (कोरींव आकृतींसह). पृष्ठें २८८.... ... | २ | ८ | ० |
| कृत उष्णताशास्त्राचें भाषांतर (कोरींव आकृतींसह). पृ० २८८. ... ... ... ... | ३ | ० | ० |
| कृत छोट्या पदार्थविज्ञानाचें भाषांतर. ... ... | ० | ८ | ० |
| कृत रसायनशास्त्राचें भाषांतर. ... ... ... | ० | १० | ० |
| शिक्षा ग्रंथमाला, उपोद्घात ... ... ... ... | ० | १२ | ० |
| ोग्यमार्ग (वे टु हेल्थ याचें भाषांतर). ... ... | ० | १ | ६ |
| यशास्त्र भाग १।२, प्रत्येकीं दीड प्रमाणें पृ० २६०. | ३ | ० | ० |
| ध रसायनशास्त्र (अधातुरूप तत्वें) पृ० २३२. ... | २ | ० | ० |
| कृत बालबोध सृष्टिशास्त्र याचें भाषांतर (सुंदर कोरींव आकृतींसह) * पूर्वार्ध भाग १, पदार्थांचे धर्म, आकर्षण, जलशास्त्र व वायुशास्त्र. पृ० २६७. ... | २ | ० | ० |

| | रु० | आ० | पै. |
|---|---|---|---|
| सदर भाग २, उष्णता पृ० २०२.... ... ... | १ | ८ | ० |
| उत्तरार्ध भाग १, विद्युत् आणि चुंबन पृ० ३०४.... | २ | ८ | ० |
| सदर भाग २, ध्वनि व प्रकाश पृ० २८८.... ... | २ | ८ | ० |
| पदार्थवर्णन भाग १ खनिज पदार्थ पृ० १५०. ... ... | १ | ० | ० |
| सदर भाग २ उद्भिज्ज व प्राणिज पदार्थ पृ० १४३. | १ | ० | ० |
| रंग देणें व छिटें छापणें ( शिल्पकलाविज्ञानांत छापलें आहे). | | | |
| **ऐतिहासिक.** | | | |
| कोल्हापूर राज्याचा इतिहास भाग १, सन १८१२ पर्यंत. पृ० २२०. ... ... ... ... ... | १ | ८ | ० |
| सदर भाग २, सन १८१२ ते १८८३ पर्यंत. पृ० २३२. ... ... ... ... ... | १ | ८ | ० |
| कर्नाटकांतील पटवर्धन, मुधोळ, रामदुर्ग, सावनूर, निपाणी, नरगुंद व कित्तुर संस्थानांचा इतिहास पृ० २२०.... | १ | ८ | ० |
| दक्षिणेंतील मुसलमानी राज्यांचा इतिहास भाग १ ब्राह्मणी (बाहामिनी) राज्याचा इतिहास पृ० २४९. ... | २ | ० | ० |
| भाग २, विजापूरच्या आदिलशाही राज्याचा इतिहास पृ० २८०. ... ... ... ... | २ | ० | ० |
| भाग ३, अहंमदनगर, गोवळकोंडें, बेदर, व वऱ्हाड येथील राज्यांचा आणि विजयानगरच्या राज्याचा इतिहास पृ० २१६. ... ... ... ... | १ | ८ | ० |
| शक व सन यांची तिथि व तारिखवार जंत्री पृ० ४१०.... | २ | ८ | ० |
| कोल्हापूर व कर्नाटक प्रांतांच्या ग्याझिटियरचें भाषांतर पृ० ६६०. ... ... ... ... ... ... | ४ | ८ | ० |
| मुसलमानी राज्याचा संक्षिप्त इतिहास पृ० ८०. ... ... | ० | ६ | ० |

फुल्या मारलेल्या पुस्तकांशिवाय इतर पुस्तकें कोल्हापूर येथें रविवारपेठेंत ग्रंथकाराकडे मिळतील.